

## **” STUDI PERILAKU DEFORMASI VERTIKAL PONDASI RAFT DAN PILE ”**

**PEBRYANTO ABDI PUTRA**

*Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Univ. Hasanuddin  
Jl. P. Kemerdekaan Km.10, Tamalanrea,  
Makassar, 90245 Ph/Fax : 0411-587636  
E-mail : [pebryanto08@gmail.com](mailto:pebryanto08@gmail.com)*

**Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, MS, M.Eng**

*Dosen Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Univ. Hasanuddin  
Jl. P. Kemerdekaan Km.10, Tamalanrea,  
Makassar, 90245 Ph/Fax : 0411-587636/580505*

**Dr. Eng. Tri Harianto, ST, MT**

*Dosen Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Univ. Hasanuddin  
Jl. P. Kemerdekaan Km.10, Tamalanrea,  
Makassar, 90245 Ph/Fax : 0411-587636/580505*

**Abstrak:** Sebagai akibat perkembangan pembangunan khususnya bangunan infrastruktur kita diperhadapkan pada berbagai tantangan, salah satunya adalah seringkali dijumpai kondisi tanah yang jelek dan tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan. Semakin besarnya kebutuhan akan bangunan fisik yang diperhadapkan pada masalah sempitnya lahan yang tersedia sehingga kelangkaan terpaksa harus membangun bangunan baru diatas tanah yang tidak memenuhi kriteria tanah yang baik, hal ini menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan, seperti lantai rumah yang semula rata menjadi bergelombang, salah satu cara untuk memperbaiki sifat tanah yaitu penambahan bahan atau pelapisan material pada tanah tersebut. Kesadaran akan pentingnya proses perbaikan tanah sebelum membangun sebuah konstruksi di atasnya menjadi ide untuk menggunakan bambu sebagai material pemberian perkuatan tanah. Hasil pengujian menghasilkan grafik yang menunjukan adanya perbedaan keruntuhan pada tanah lempung. Pada tanah tanpa perkuatan besarnya penurunan yang terjadi mencapai titik maksimum pada beban 2550 kg dengan penurunan 65,5 mm sedangkan pada sampel tanah yang diperkuat dengan dengan tiang dan rakit bambu, besarnya penurunan tanah pada beban 2550 kg sebesar 52,43 mm, dan mencapai maksimum pada beban 3570 kg dengan penurunan sebesar 55,78 mm. Hasil pembacaan dial 2,3, dan 4 menghasilkan grafik yang menunjukan kenaikan tanah dasar akibat dari beban vertikal timbunan tanah. Pada tanah tanpa perkuatan bambu besarnya kenaikan tanah yang terjadi akibat beban verikal 2550 kg sebesar 9,3 mm pada dial 2, pada dial 3 sebesar 5,51 mm, dan pada dial 4 sebesar 1,80 mm. Pada sampel tanah yang diperkuat dengan tiang dan rakit bambu, besarnya kenaikan tanah yang terjadi akibat beban vertikal 2550 kg sebesar 1,14 mm pada dial 2, pada dial 3 dan 4 tidak terjadi pergerakan, kemudian pada pembebanan maksimum 3570 kg terjadi kenaikan sebesar 2,13 mm pada dial 2, pada dial 3 sebesar 1,21 mm dan pada dial 3 sebesar 0,61 mm.

**Kata kunci :** Pondasi, Rakit Bambu, Tiang Bambu, Tegangan

**STUDI PERILAKU DEFORMASI HORIZONTAL PONDASI  
RAFT DAN PILE**



**TUGAS AKHIR**

**Pebryanto Abdi Putra**

**D111 08 282**

**Jurusan Sipil Fakultas Teknik**

**Universitas Hasanuddin**

**Makassar**

**2013**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0411) 587 636 FAX. (0411) 580 505 MAKASSAR 90245  
E-mail : sipil.unhas@yahoo.co.id

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : " *Studi Perilaku Deformasi Vertical Pondasi Raft dan Pile.*"

Disusun Oleh :

Nama : **Pebriyanto Abdi Putra**


**D111 08 282**

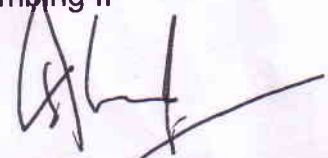
Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 20 September 2013


Pembimbing I

Pembimbing II

  
**Prof. Dr.Ir.H.Lawalenna Samang, MS.M.Eng.**  
19601231 198503 1 001

  
**Dr. Eng. Tri Harianto, ST.MT** Nip.  
Nip. 19720309 20003 1002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

  
**Prof. Dr.Ir.H.Lawalenna Samang, MS.M.Eng.**  
Nip. 19601231 198503 1 001

## KATA PENGANTAR

Tiada kata yang patut diucapkan, selain memanjatkan puji dan syukur Kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “*Studi Perilaku Deformasi Vertikal Pondasi Raft Dan Pile*”, sebagai salah satu syarat dalam rangka memenuhi program perkuliahan.

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya, kepada:

1. Ir. Albertus T. dan Rachel T. selaku Orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk selalu menyelesaikan kegiatan Tugas Akhir dengan baik.
2. Dr.-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MS.ME selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna S, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan masukan-masukan dari awal sampai akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
4. Dr.Eng. Tri Harianto, S.T.,M.T., selaku Sekretaris Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan masukan-masukan dari awal sampai akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

5. Seluruh staf pengajar dan pegawai Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Farid Sitepu, S.T., dan Haerulla, S.T, selaku mahasiswa S2 Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam penelitian Tugas Akhir ini.
7. Sdri. Schertika Sri Ratu Marlinda Ndolu yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Fakultas Teknik Sipil Angkatan 2008 khususnya untuk sdra. Muh Andry Azis dan Hananya Kabanga yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Semoga amal baik yang diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Tuhan Yang Maha Esa.

Dalam menyelesaikan laporan ini, penulis telah berupaya semaksimal mungkin untuk menghindari kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca sangat penulis butuhkan, demi perbaikan penulisan lebih lanjut. Semoga laporan ini membawa manfaat, Amin.

Makassar, Februari 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
BAB I. PENDAHULUAN.....	I-1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	I-1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian .....	I-3
1.3. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah .....	I-4
1.4. Sistematika Penulisan.....	I-6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1. Deposisi Tanah Lunak .....	II-1
2.2. Kapasitas Dukung dan Penurunan Tanah .....	II-2
2.2.1. Kapasitas Dukung Tanah .....	II-2
2.2.2. Penurunan Tanah.....	II-4
2.3. Komposisi Stabilitas Tanah .....	II-7
2.3.1. Tanah Lempung .....	II-7

2.3.2. Air Pemadatan Tanah.....	II-15
2.4. Sistem Klasifikasi Tanah .....	II-17
2.4.1. Unified Soil Clasification System (USCS).....	II-17
2.4.1. American Association Of State Highway and Transporting Official (AASHTO). ....	II-20
2.5. Karakteristik Bambu .....	II-23
2.5.1.Sifat Fisis dan Mekanis Bambu .....	II-24
2.5.2. Sifat Fisika.....	II-25
2.5.3. Sifat Mekanika .....	II-26
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>III-1</b>
3.1. Kerangka Penelitian .....	III-1
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	III-4
3.3. Rancangan Penelitian .....	III-4
3.3.1. Persiapan Peralatan Penelitian .....	III-6
3.3.2. Persiapan Material Dasar .....	III-7
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	III-8
3.4.1. Pengujian Karakteristik Tanah .....	III-8
3.4.2. Penyiapan Sampel Uji .....	III-9
3.4.3. Perkuatan Tanah Raft-Tiang Bambu .....	III-12
3.5. Metode Pengujian dan Analisa Data.....	III-13
3.5.1. Metode Pengujian.....	III-13
3.5.2. Metode Analisa Data .....	III-14
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>IV-1</b>

4.1. Hasil Pembahasan Pemeriksaan Karakteristik Tanah Dasar.	IV-1
4.1.1. Perilaku Indeks Tanah.....	IV-2
4.1.2. Pemadatan Standar (Kompaksi).....	IV-3
4.1.3. Kuat tekan Bebas .....	IV-5
4.1.4. Kuat Geser Langsung .....	IV-5
4.2. Klasifikasi Tanah .....	IV-5
4.2.1. AASHTO .....	IV-5
4.2.2. USCS .....	IV-6
4.3. Hasil Pengujian Karakteristik Bambu .....	IV-6
4.3.1. Kadar Air Bambu .....	IV-6
4.3.2. Pengujian Kuat Tekan dan Tarik Bambu .....	IV-8
4.3.4. Pengujian Kuat Geser dan Lentur Bambu .....	IV-15
4.4. Sketsa 3D Pengujian Perkuatan Tanah .....	IV-21
4.5. Hasil Penurunan Rakit – Tiang Bambu.....	IV-22
<b>BAB V. PENUTUP.....</b>	<b>V-1</b>
5.1. Kesimpulan .....	V-1
5.2. Saran .....	V-2

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Kelompok aktivitas tanah dan nilai Swelling.....	II-9
Tabel 2.2 Potensi pengembangan ( Holzt, 1969: Gibbs,1969).....	II-13
Tabel 2.3 Potensi pengembangan ( Chen, 1988).....	II-14
Tabel 2.4 Sifat tanah lempung .....	II-14
Tabel 2.5 Sistem Klasifikasi Tanah USCS .....	II-18
Tabel 2.6 Sistem Klasifikasi Tanah USCS .....	II-19
Tabel 2.7 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO .....	II-21
Tabel 2.8 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO .....	II-22
Tabel 2.9 Kadar air bambu ater (Hasil uji pendahuluan).....	II-25
Table 2.10 Kadar air dan berat jenis bambu petung .....	II-25
Tabel 2.11 Kuat tekan rata-rata bambu bulat (Morisco, 1996).....	II-28
Tabel 2.12 Kuat tarik bambu kering oven.....	II-30
Tabel 2.13 Hasil pengujian kuat lentur bambu wulung .....	II-31
Tabel 3.1. Standar yang Digunakan dalam Pengujian .....	III-13
Tabel 4.1. Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah asli.....	IV-1
Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil pemeriksaan kadar air bambu .....	IV-7
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bambu.....	IV-9
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Bambu (Tanpa Nodia).....	IV-13
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Bambu (dengan Nodia ditengah) .....	IV-14
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kuat Geser Bambu (Batang Bagian Bawah .....	IV-16
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Geser Bambu (Batang Bagian Tengah) .....	IV-16

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Geser Bambu (Batang Bagian Ujung) .....	IV-17
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Bambu Bagian Pangkal - Tengah.....	IV-18
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kuat Lentur Bambu Bagian Tengah - Atas .....	IV-19
Table 4.11 hasil pengujian laboratorium perkuatan tanah yang diberi pembebanan pada dial 1 .....	IV- 23
Tabel 4.12 Hasil Pengujian tanpa dan dengan Perkuatan Tanah yang Diberi Pembebanan pada Dial 2, 3, dan 4.....	IV- 26

## DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Pola keruntuhan tanah .....	II-3
Gambar 2.2 Pola Penurunan Segera pada Pondasi .....	II-5
Gambar 2.3 Prinsip Pemadatan. (Braja M. Das, Endah Noor, dan Mochtar, 1988).....	II-16
Gambar 2.4 Grafik plastisitas Cassagrande .....	II-20
Gambar 2.5 Grafik Penentuan Klasifikasi Group A-4 s/d A-7.....	II-22
Gambar 3.1.Diagram Model Kerangka Konseptual Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2. Diagram Pengujian Mekanika Tanah dan Karakteristik Mekanis	III-2
Gambar 3.3.Diagram Alir Proses Penelitian.....	III-3
Gambar 3.4 Sketsa model rakit bambu dan tiang bambu .....	III-4
Gambar 3.5 Sketsa model pengujian.....	III-5
Gambar 3.6 Proses penyaringan tanah untuk pemadatan .....	III-9
Gambar 3.7 Proses persiapan tanah untuk pemeraman dan pemadatan tanah.	III-9
Gambar 3.8 Gambar sample uji sebelum pengujian .....	III-11
Gambar 3.9 Gambar pengujian penurunan tanah.....	III-11
Gambar 4.0 Gambar sampel yang sedang diuji dan setelah diuji .....	III-13
Gambar 4.1 Hubungan kadar air dan berat isi kering .....	IV-3
Gambar 4.2 Pola retak yang terjadi setelah diuji .....	IV-5
Gambar 4.3 Sampel Uji Kadar Air Sesuai ISO 22157-2 .....	IV-7
Gambar 4.4 Grafik Kadar Air Bambu.....	IV-8
Gambar 4.5 Proses Pegujian Kuat Tekan Bambu .....	IV-9

Gambar 4.6 Grafik Kuat Tekan bambu Tanpa Nodia.....	IV-10
Gambar 4.7 Grafik Kuat Tekan bambu dengan Nodia ditengah.....	IV-11
Gambar 4.8 Grafik Kuat Tekan bambu dengan nodia dikedua ujungnya.....	IV-11
Gambar 4.9 Sampel Uji Tarik Sesuai ISO 22157-2.....	IV-12
Gambar 4.10 Proses Pegujian Kuat Tarik Bambu .....	IV-12
Gambar 4.11 Grafik kuat tarik bambu tanpa nodia.....	IV-14
Gambar 4.12 Grafik kuat tarik bambu dengan nodia di tengah .....	IV-15
Gambar 4.13 Spesimen kuat geser sesuai ISO 22157-2 .....	IV-15
Gambar 4.14 Grafik Kuat Geser Bambu.....	IV-17
Gambar 4.15 Proses Pegujian Kuat Lentur Bambu .....	IV-18
Gambar 4.16 Grafik kuat lentur batang bawah-tengah .....	IV-20
Gambar 4.17 Grafik kuat lentur batang tengah-atas .....	IV-20
Gambar 4.18 Sketsa 3D tampak NE Isometric .....	IV-21
Gambar 4.19 Sketsa 3D tampak samping .....	IV-21
Gambar 4.20 Grafik Pembacaan Penurunan Tanah Timbunan (dial 1).....	IV-24
Gambar 4.21 Grafik Hasil Pengujian Tanpa Perkuatan Tanah yang Diberi Pembebanan pada Dial 2, 3, dan 4 .....	IV-27
Gambar 4.22 Grafik Hasil Pengujian Perkuatan Tanah yang Diberi Pembebanan pada Dial 2, 3, dan 4 .....	IV-27
Gambar 4.23 posisi dial-dial yang digunakan pada penelitian .....	IV-28

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Hasil Pengujian Berat Jenis Spesifik (Gs)

Lampiran 2 Pemeriksaan Kadar Air

Lampiran 3 Pemeriksaan Batas Cair (LL)

Lampiran 4 Pemeriksaan Batas Plastis (PL)

Lampiran 5 Pemeriksaan Batas Susut (SL)

Lampiran 6 Pengujian Kuat Tekan Bebas

Lampiran 7 Foto-foto Kegiatan Penelitian

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Pondasi sebagai dasar bangunan harus mampu memikul seluruh beban bangunan dan beban lainnya, untuk diteruskan sampai kelapisan tanah pada kedalaman tertentu. Oleh karena itu dalam setiap bangunan diperlukan pondasi sebagai dasar bangunan yang kuat dan kokoh. Bangunan teknik sipil secara umum meliputi dua bagian utama, yaitu struktur bawah dan struktur atas. Dalam hal ini, struktur bawah sebagai pondasi yang berinteraksi dengan tanah menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur bagian atas serta bangunan lain di sekitarnya.

Kerusakan yang terjadi pada bangunan teknik sipil tidak hanya disebabkan oleh struktur bangunan yang jelek, tetapi juga kondisi tanah tempat dimana struktur bangunan tersebut diletakkan. Penyebab kerusakan tersebut adalah besarnya penurunan yang terjadi yang menimbulkan deformasi tanah yang besar dan rendahnya daya dukung tanah, seperti pada tanah kohesif khususnya yang mengandung kadar air cukup tinggi. Oleh karena itu harus diperhatikan dengan seksama mengenai daya dukung dari tanah kohesif tersebut, apakah perlu adanya usaha perbaikan atau stabilisasi tanah untuk mendapatkan sifat-sifat tanah yang diinginkan sehingga kerusakan konstruksi dapat dicegah (Das,1995).

Metode pemberian perkuatan tanah merupakan metode yang sedang berkembang pada saat ini, terutama menggunakan material-material yang bersumber dari alam. Bambu adalah salah satu jenis tanaman yang banyak tumbuh subur di Indonesia sehingga mudah dijumpai dan harganya pun relatif murah. Bambu memiliki sifat yang baik digunakan untuk konstruksi, karena bambu kuat, lurus, ringan, mudah pengerjaannya serta ramah lingkungan karena bersumber dari alam. Bambu dalam bentuk bulat biasa dipakai untuk konstruksi sebagai rumah, gudang, jembatan, tangga, bahkan perancah.

Kesadaran akan pentingnya proses perbaikan tanah sebelum membangun sebuah konstruksi di atasnya menjadi ide untuk menggunakan bambu sebagai material pemberian perkuatan tanah.

Sekarang ini, bambu dinilai dapat digunakan sebagai material perkuatan tanah seperti halnya kayu. Permodelan dan pengujian bambu sebagai material perkuatan tanah adalah hal yang menarik untuk diselidiki melihat dari segi karakteristik mekanisnya bambu memiliki kuat tarik dan tekan yang cukup baik. Permodelan raft dan pile bambu sebagai perkuatan tanah dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pondasi raft dan pile bambu mereduksi penurunan (settlement) serta pengaruh penurunan tersebut terhadap tanah di sekitarnya yang terjadi akibat gaya aksial (loading test) dan deformasi horizontal yang terjadi.

Negara Indonesia yang memiliki banyak potensi keanekaragaman tumbuhan menjadi negara yang subur untuk pertumbuhan bambu. Bambu

dapat dijumpai di hampir seluruh daerah Indonesia, baik di kota maupun pelosok desa. Keberadaan bambu ini menjadi daya tarik untuk keperluan konstruksi yang lebih lanjut, oleh karenanya sejak tahun 1993 sampai saat ini, para peneliti di Indonesia terus melakukan penelitian tentang bambu. Para peneliti memahami bahwa kuat tarik bambu tidak jauh berbeda dari baja struktur, namun pemanfaatan kekuatan itu selama ini masih belum optimum dan perlu ditingkatkan.

Bambu mempunyai banyak keunggulan, mudah ditanam, pertumbuhannya cepat, tidak perlu pemeliharaan secara khusus, mempunyai ketahanan sangat tinggi terhadap gangguan, rumpun bambu yang dibakar pun masih dapat tumbuh lagi, bahkan saat Hiroshima dijatuhi bom atom, bambulah satu-satunya tanaman yang masih dapat bertahan hidup. Bambu cukup potensial untuk dijadikan sebagai pengganti kayu, karena bambu dengan mutu yang baik dapat diperoleh pada umur 3-5 tahun, sedang kayu hutan kebanyakan baru siap pakai setelah lebih dari 30 tahun.

Dengan latar belakang ini, sangat menarik untuk dilakukan penelitian/studi tentang karakteristik bambu sebagai material perbaikan tanah lempung.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul :

## **STUDI PERILAKU DEFORMASI VERTIKAL PONDASI RAFT DAN PILE**



## **1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh eksistensi bambu terhadap lapisan tanah lempung.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik material bambu dalam hal ini sifat fisik dan mekanis bambu yang digunakan sebagai rakit dan tiang pada lapisan tanah lempung.
2. Mengembangkan metode dan tipe perkuatan tanah yang ramah lingkungan dengan menggunakan bambu pada kondisi tanah yang memiliki daya dukung rendah.
3. Mempelajari perilaku deformasi tanah secara khusus vertikal dari tanah yang telah diperkuat dengan menggunakan pile dan raft bambu.
4. Untuk mengetahui seberapa besar efektifitas dari penggunaan tiang dan rakit bambu dalam mereduksi deformasi vertikal tanah akibat beban yang diberikan.
5. Menciptakan prototipe struktur perkuatan tanah tipe raft and pile (rakit dan tiang) dengan bahan bambu untuk dapat diterapkan di lapangan (full scale test).

## **1.3. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah**

Sebagai pokok bahasan dalam penelitian ini adalah menganalisis perbedaan penurunan tanah yang dibebani dengan dan tanpa raft pile bambu.

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Material tanah yang digunakan adalah lempung berpasir dengan plastisitas sedang.
2. Material bambu yang digunakan adalah bambu lokal dengan diameter luar berkisar antara 6 – 8 cm. Pengujian kepadatan tanah dengan kompaksi *proctor* standar
3. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan dua variasi model percobaan, yang pertama adalah tanah dalam wadah yang ditekan tanpa raft dan pile bambu, kedua adalah tanah dan kombinasi antara raft dan pile bambu dalam wadah. Raft dibuat dua susun dengan dimensi 100 x 60 cm, sedangkan pilenya digunakan sebanyak 16 buah dengan tinggi bambu 40 cm.
4. Pengujian karakteristik mekanis bambu berupa pengujian kuat tekan, kuat tarik, kuat geser dan kuat lentur.
5. Pengujian perkuatan tanah dengan bambu menggunakan bak persegi sebagai wadah tanah.
6. Evaluasi karakteristik sifat-sifat tanah meliputi :
  - a. Pemeriksaan kadar air (*Water content*)
  - b. Pemeriksaan berat isi (*Density test*)
  - c. Pemeriksaan berat jenis (*Specific gravity test*)
  - d. Pemeriksaan analisa saringan (*Shieve analysis*)
  - e. Pemeriksaan batas-batas atterberg (*Atterberg limit*).

#### **1.4. Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan penelitian disusun dalam lima bab. Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut :

##### ***BAB I. PENDAHULUAN***

Menguraikan tentang latar belakang masalah, maksud dan tujuan penelitian, pokok bahasan dan batasan masalah serta sistematika penulisan.

##### ***BAB II. TINJAUAN PUSTAKA***

Menyajikan teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk menganalisis dan membahas permasalahan penelitian.

##### ***BAB III. METODE PENELITIAN***

Menjelaskan mengenai langkah-langkah atau prosedur pengambilan dan pengolahan data hasil penelitian

##### ***BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN***

Menyajikan data-data hasil penelitian di laboratorium, analisis data, hasil analisis data dan pembahasannya.

##### ***BAB V. PENUTUP***

Berisikan kesimpulan dan saran.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Deposisi Tanah Lunak**

Secara umum bangunan sipil terdiri atas dua bagian yaitu bangunan diatas tanah (*upper-structure*) dan bangunan di bawah tanah (*sub-structure*). Bangunan yang berada dibawah tanah adalah merupakan perantara yang meneruskan beban-beban yang ada pada struktur atas dengan tanah pendukung. Permasalahan utama bila suatu bangunan dibangun diatas tanah lunak adalah daya dukung dan penurunan (Bowles, 1979).

Lempung merupakan jenis tanah lunak yang berbutir halus, mempunyai plastisitas yang tinggi dan perubahan kembang susut yang relative besar dimana dalam kondisi kadar airnya bertambah maka volumenya mengembang dan begitu pula sebaliknya akan menyusut dan pecah-pecah apabila dalam keadaan kering. Plastisitas adalah sifat yang memungkinkan tanah berubah bentuk tanpa terjadinya perubahan isi. Selain itu tanah lempung juga memiliki sifat kohesif yaitu rekatan antar sesama partikel.

Tanah yang dalam keadaan plastis, besarnya jaringan gaya antar partikel akan sedemikian hingga partikel bebas untuk relatif menggelincir antara yang satu dengan lainnya, dengan kohesi antaranya tetap dipelihara. Di alam sangat banyak tanah berbutir halus yang dalam keadaan plastis.

Ditinjau dari ukuran butirannya, lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0.002 mm (Das, 1995). Namun demikian, partikel berukuran antara 0,002mm sampai 0,005mm juga masih di

golongan sebagai partikel lempung. Sifat-sifat dan perilaku lempung ini sangat bergantung pada komposisi mineral-mineralnya, unsur-unsur kimianya, tekstur lempung, dan partikel-partikelnya serta pengaruh lingkungan di sekitarnya.

## 2.2 Kapasitas Dukung dan Penurunan Tanah

### 2.2.1 Kapasitas Dukung Tanah

Tanah akan mengalami penurunan bila mengalami pembebanan seperti pondasi. Semakin bertambah beban yang diterima oleh tanah maka penurunan yang terjadi juga akan bertambah pula, hingga pada suatu saat dimana beban pondasi tersebut mengalami penurunan yang sangat besar. Pada kondisi inilah keruntuhan kapasitas dukung tanah telah terjadi.

Kapasitas dukung ultimit (*ultimate bearing capacity*) ( $q_u$ ) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan.

$$q_u = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana ;

$q_u$  = kapasitas dukung ultimit ( $\text{kN/m}^2$ )

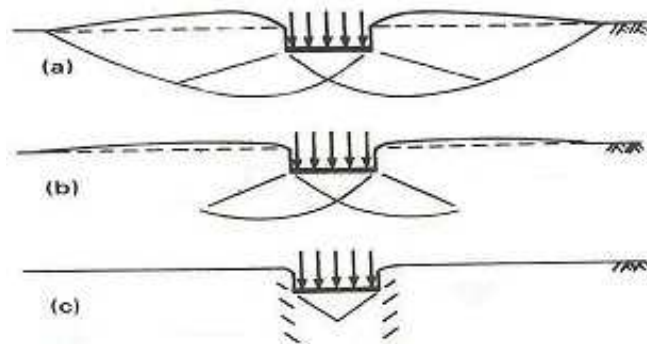
$P_u$  = beban ultimit (kN)

A = Luas beban ( $\text{m}^2$ )

Analisis keruntuhan kapasitas dukung dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai material yang bersifat plastis. Kapasitas dukung tanah menyatakan tahanan tanah terhadap

geser untuk melawan penurunan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan tanah disepanjang bidang-bidang gesernya.

Tiga macam cara keruntuhan telah diidentifikasi dalam pembahasan mengenai daya dukung tanah, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2.1 Pola keruntuhan tanah a). keruntuhan geser umum, b). keruntuhan geser lokal, c). keruntuhan geser pons. (sumber : Craig R.F. Mekanika Tanah)

Pertama, keruntuhan geser umum (*general shear failure*). Cara keruntuhan ini terjadi pada tanah berkompresibilitas rendah atau tanah yang rapat. Bila tekanan dinaikkan, akan tercapai kondisi keseimbangan plastis mula-mula pada tanah sekeliling sisi-sisi pondasi atau bidang yang menerima beban, lalu secara bertahap akan menyebar kearah bawah dan keluar. Pada akhirnya kondisi keseimbangan plastis ultimit akan terbentuk pada sepanjang tanah diatas bidang runtuh. Permukaan tanah pada kedua sisi bidang yang menerima beban terangkat (*heaving*).

Pola keruntuhan yang kedua, keruntuhan geser lokal (*local shear failure*) terdapat kompresi yang cukup besar pada tanah dibawah bidang yang dibebani dan kondisi keseimbangan plastis hanya terbentuk pada sebagian tanah saja. Permukaan runtuh tidak sampai mencapai permukaan, dan hanya terjadi sedikit pengangkatan permukaan tanah. Keruntuhan geser lokal biasanya terjadi pada tanah yang memiliki kompresibilitas tinggi dan ditandai dengan terjadinya penurunan yang relative besar, dan kenyataannya bahwa daya dukung ultimit tidak dapat didefinisikan.

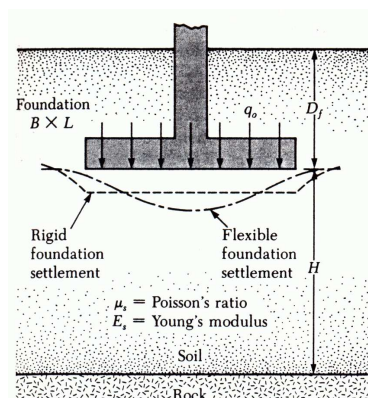
Keruntuhan geser pons (*punching shear failure*) terjadi jika terdapat kompresi dibawah bidang yang menerima beban yang disertai adanya geseran vertical disekitarnya. Keruntuhan ini dicirikan dengan terjadinya penurunan yang relative besar, dan daya dukung ultimit yang tidak terdefinisi dengan baik.

### **2.2.2 Penurunan Tanah**

Jika suatu lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*), atau boleh dikatakan tanah yang mengalami tegangan akan mengalami regangan dalam tanah tersebut. Pada tanah berbutir halus yang berada dibawah muka air tanah terjadi penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*). Penurunan yang terjadi memerlukan waktu yang lama

Penurunan tanah merupakan peristiwa termampatnya suatu lapisan tanah, dapat dikarenakan karena beban luar atau pemompaan air. Jenis penurunan ada beberapa:

- Penurunan Segera (Immediate Settlement);  $S_e$ 
  - Merupakan penurunan yang terjadi seketika pada saat pembebanan terjadi atau dalam jangka waktu yang pendek
  - Terjadi karena sifat elastisitas tanah
  - Pada tanah lempung umumnya sangat kecil jika dibandingkan dengan penurunan konsolidasi sehingga seringkali diabaikan



Gambar 2.2 pola penurunan segera pada pondasi

- Penurunan Konsolidasi;  $S_c$

Saat tanah lunak ompresif (lempung) menerima beban maka sebagian besar beban dipikul oleh air tanah sehingga timbul tegangan air pori berlebih. Konsolidasi adalah proses terdisipasinya tegangan air pori berlebih ini seiring dengan berjalannya waktu.

Penurunan konsolidasi dapat berupa normal consolidation atau pun over consolidation. Normal consolidation adalah tanah dasar dalam



kondisi alamiah (belum mengalami pembebanan sebelumnya) sedangkan over consolidation adalah tanah dasar sudah pernah dibebani/terkena beban sebelumnya.

○ Normal Consolidation

$$p_c \approx p_o \quad \text{atau} \quad \frac{p_c}{p_o} \approx 1 \longrightarrow S_c = \frac{C_c}{1+e_o} \cdot H_c \cdot \log \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \quad \dots(2.1)$$

○ Over consolidation

$$p_c > p_o \quad \text{atau} \quad \frac{p_c}{p_o} > 1$$

$$\begin{aligned} p_o + \Delta p < p_c &\longrightarrow S_c = \frac{C_s}{1+e_o} \cdot H_c \cdot \log \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \\ p_o < p_c < p_o + \Delta p &\longrightarrow S_c = \frac{C_s}{1+e_o} \cdot H_c \cdot \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_c}{1+e_o} \cdot H_c \cdot \log \frac{p_o + \Delta p}{p_c} \end{aligned} \quad \dots(2.2)$$

dimana :

$e_o$  = angka pori awal yang didapat dari indeks test

$C_c$  = indeks kompresi, didapat dari percobaan konsolidasi

$C_s$  = indeks swelling, didapat dari percobaan konsolidasi

$p_c$  = tegangan prakonsolidasi, didapat dari percobaan konsolidasi

$p_o = \Sigma \gamma' \cdot z$

$\Delta p$  = tegangan akibat beban luar dihitung melalui metode Boussinesq,

Westergaard atau Newmark

- Penurunan Sekunder (Rangkak);  $S_s$

penurunan sekunder terjadi sesudah penurunan konsolidasi terjadi, didefinisikan sebagai penyesuaian kerangka tanah sesudah tekanan pori yang berlebih menghilang. Penurunan sekunder tergantung pada waktu dan dapat berlangsung dalam waktu yang lama.

$$S_s = \frac{C\alpha}{1+e_p} \cdot H_c \cdot \log \frac{t_p + \Delta t}{t_p} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$e_p$  = angka pori pada saat konsolidasi primer selesai

$t_p$  = waktu ketika konsolidasi primer selesai

$\Delta t$  = pertambahan waktu

$$t_2 = t_p + \Delta t$$

$$S = S_e + S_c + S_s \dots\dots\dots (2.4)$$

Beberapa penyebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja diatas tanah antara lain :

1. Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah,
2. Kerusakan atau terjadi defleksi yang besar pada pondasi,
3. Distorsi geser (*shear distorsion*) dari tanah pendukungnya,
4. Turunnya tanah akibat perubahan angka pori

## 2.3 Komposisi Stabilisasi Tanah

### 2.3.1 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah (*Terzaghi dan Peck, 1987*). Pelapukan kimiawi menghasilkan

pembentukan kelompok-kelompok partikel yang berukuran koloid ( $< 0,002 \text{ mm}$ ) yang dikenal sebagai mineral lempung.

Sifat yang khas dari tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air. Lempung merupakan tanah berbutir halus koloidal yang tersusun dari mineral-mineral yang dapat mengembang. Lempung ekspansif memiliki sifat khusus yaitu kapasitas pertukaran ion yang sangat tinggi yang apabila terjadi perubahan kadar air. Jika kadar air bertambah, tanah lempung ekspansif akan mengembang disertai dengan kenaikan tekanan air pori dan tekanan pengembangannya. Sebaliknya, jika kadar air turun sampai dengan batas susutnya, lempung ekspansif akan mengalami penyusutan yang cukup tinggi.

Sifat-sifat umum mineral lempung :

*a. Hidrasi*

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi, lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperature yang lebih tinggi dari  $60^{\circ}\text{C}$  sampai  $100^{\circ}\text{C}$  dan akan mengurangi plastisitas

alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

b. *Aktivitas (A)*

*Hary Christady (2002)* merujuk pada *skempton (1953)* mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara indeks plastisitas ( IP ) dengan persentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm yang dinotasikan dengan huruf C, disederhanakan dalam persamaan berikut :

$$A = \frac{IP}{C} \dots\dots\dots (2.15)$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung.

Swelling potensial adalah kemampuan mengembang tanah yang dipengaruhi oleh nilai aktivitas tanah. Setiap tanah lempung memiliki nilai aktivitas yang berbeda- beda. Tabel 2.1, mengidentifikasi tingkat aktivitas tanah dalam 4 kelompok, yaitu :

Tabel 2.1 Kelompok aktivitas tanah dan nilai Swelling

No.	Aktivitas Tanah	Nilai Swelling Potensial
1	Rendah	$\leq 1,5\%$
2	Sedang	$> 1,5\% \text{ dan } \leq 5\%$
3	Tinggi	$> 5\% \text{ dan } \leq 25\%$
4	Sangat Tinggi	$> 25\%$

(*Sumber : R.F CRAIG, 1989*)

c. *Flokulasi dan Disversi*

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal ( *amorphus* ) maka daya negatif netto ion- ion  $H^+$  di dalam air, gaya *Van der Waals*, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk flok ( *flock* ) yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sedimen yang sangat lepas. Flokulasi larutan dapat dinetralkan dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion $H^+$ ), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala thixotropik (Thixotropic), dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

d. *Pengaruh zat cair*

Fase air berada di dalam struktur tanah lempung adalah air yang tidak murni secara kimiawi. Pada pengujian di Laboratorium untuk batas *Atterberg*, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Pemakaian air suling yang relative bebas ion dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi. Air berfungsi sebagai

penentu sifat plastisitas dari lempung. Satu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (dipolar). Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetraklorida ( $\text{CCl}_4$ ) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

e. *Sifat Kembang Susut ( Swelling )*

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang membahayakan pada konstruksi. Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

1. Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah
2. Kadar air
3. Susunan Tanah
4. Konsentrasi garam dalam air pori
5. Sementasi
6. Adanya bahan organik, dll.

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang. Pengembangan lempung adalah hasil dari bertambahnya tebal lapisan ion diffuse ketika ada air. Ion-ion *monovalent exchangeable sodium* akan menyebabkan pengembangan lebih besar dari pada ion-ion kalsium dipalent.

Pengaruh susut pada tanah-tanah berbutir halus menjadi masalah penting dalam masalah teknis. Retak akibat susut dapat muncul secara local jika tekanan kapiler melampaui kohesi atau kuat tarik tanah. Retak-retak ini merupakan zona-zona lemah yang secara signifikan mereduksi kekuatan massa tanah secara keseluruhan, sehingga dapat mempengaruhi stabilitas lereng lempung dan kapasitas daya dukung pondasi. Retak akibat pengeringan permukaan yang sering dijumpai pada tanah lempung dapat berpengaruh buruk, misalnya pada struktur perkerasan jalan yang dibangun diatasnya. Susut dan retak disebabkan oleh penguapan permukaan pada saat musim panas, penurunan muka air tanah, dan isapan akar tumbuhan. Ketika musim hujan tanah mendapatkan air lagi dan volume tanah bertambah dan tanah mengembang.

Pada umumnya pekerjaan konstruksi dilaksanakan pada musim panas, sehingga tanah permukaan pada kondisi kering. Bangunan tanah yang menutup tanah mencegah penguapan, sehingga tanah dibawah bangunan bertambah kadar airnya oleh akibat kapiler yang menyebabkan tanah lempung mengembang. Jika tekanan yang ditahan oleh bangunan kurang dari tekanan pengembangan ( Swelling Pressure ) maka permukaan tanah akan naik dan akibatnya konstruksi yang ada diatasnya akan rusak.

Di dalam kadar air sangat berfluktuasi terutama didekat permukaan tanah. Hal ini karena dekat permukaan tanah dipengaruhi oleh penguapan dan isapan akar tumbuhan. Hal yang penting dalam mengevaluasi masalah pengembangan tanah adalah kedalaman zona aktif. Kadar air dibawah

zona aktif dianggap selalu konstan, sehingga dibawa zona aktif tidak terjadi pengembangan.

Pada proses kembang susut tanah tidak sepenuhnya kembali pada posisi semula. Lempung menjadi *overconsolidated* dan kurang mudah mampatannya akibat dari bertambahnya tegangan aktif oleh tekanan kapiler.

Tabel 2.2 menunjukkan kemungkinan potensi ekspansi tanah hasil dari pengumpulan data uji pengembangan pada lempung dan tanah-tanah ekspansif oleh Holtz (1969) dan USBR (1974). Sedang table 2.3 menunjukkan hal yang sama, dari hasil pengalaman Chen (1988) pada era *Rocky Mountain*.

Tabel 2.2 Potensi pengembangan ( Holtz, 1969; Gibbs,1969,USBR,1974)

Potensi pengembangan	Pengembangan an (%) (Akibat tekanan 6,9 Kpa)	Persen koloid (<0,001mm) (%)	Indek Plastisitas PI (%)	Batas susut SL (%)	Batas cair LL (%)
Sangat tinggi	>30	>28	>35	>11	>65
Tinggi	20-30	20-31	25-41	7-12	50-63
Sedang	10-20	13-23	15-28	10-16	39-50
Rendah	<10	<15	<18	<15	39



Tabel 2.3 Potensi pengembangan ( Chen, 1988)

Potensi pengembangan	Persen lolos saringan no.200	Batas cair LL	N-SPT	Kemungkinan ekspansi (%)	Tekanan pengembangan (Kpa)
Sangat tinggi	>95	>60	>30	>10	>1000
Tinggi	60-65	40-60	20-30	3-10	250-1000
Sedang	30-60	30-40	10-20	1-5	150-250
Rendah	<30	<30	<10	<1	<50

Tabel 2.4 Sifat tanah lempung

Tipe Tanah	Sifat	Uji Lapangan
	Sangat lunak	Meleleh diantara jari ketika diperas
	Lunak	Dapat diperas dengan mudah
Lempung	Keras	Dapat diperas dengan tekanan jari yang kuat
	Kaku	Tidak dapat diremas dengan jari, tapi dapat digencet dengan ibu jari
	Sangat kaku	Dapat digencet dengan kuku ibu jari

( Sumber : R.F CRAIG, 1989)

Pengembangan tanah seperti juga penyusutan, biasanya tanah terkekang dibagian atas permukaan tanah, sehingga merusak struktur diatasnya, seperti perkerasan jalan.

### 2.3.2 Air Pemadatan Tanah

Perencanaan lapisan penutup akhir harus didasarkan atas perkembangan data hasil percobaan untuk setiap jenis tanah yang sesuai. Perencana pada umumnya lebih memilih pengujian di laboratorium dengan menggunakan metode pemadatan yang mendekati kondisi di lapangan agar diperoleh hasil kepadatan lapangan yang semirip mungkin. Metode pemadatan di laboratorium dapat menirukan metode yang ada di lapangan dengan simulasi, tetapi tidak sebanyak dengan usaha/energi yang dilaksanakan di lapangan sehingga hasilnya kurang tepat dan masih akan melahirkan kondisi yang bervariasi pada titik-titik tertentu.

Menurut penelitian, sebuah tanah lempung yang dapat mencapai permeabilitas  $1 \times 10^{-7}$  cm/detik bila dipadatkan sampai 90-95 % densitas kering *Proctor* dapat digunakan sebagai lapisan linier.

Salah satu solusi untuk masalah ini yaitu dengan memilih beberapa usaha-usaha pemadatan di laboratorium terus menerus, dan mencatat perbedaan/range yang timbul dari setiap pengujian guna mengantisipasi kondisi di lapangan. Jika hal ini sudah didapat, maka kriteria kadar air dan berat isi kering akan digunakan pada setiap usaha pemadatan berikutnya.

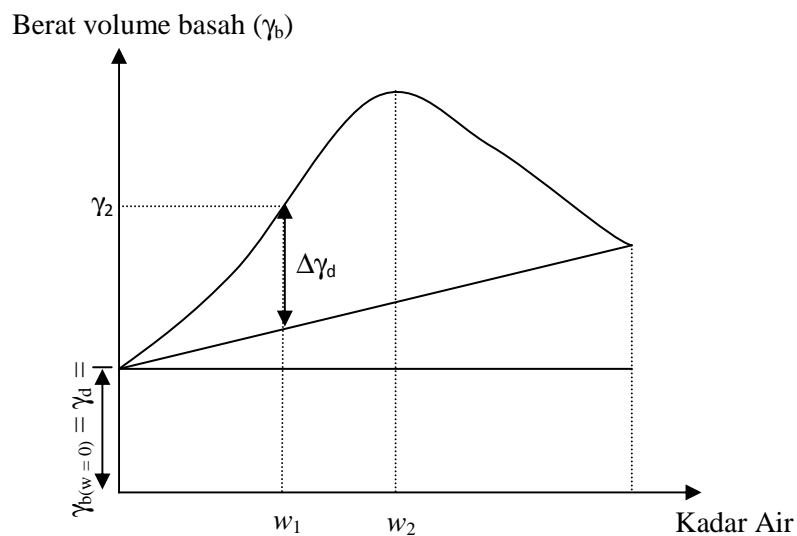
Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Air ditambahkan ke dalam tanah yang sedang dipadatkan sebagai pelumas agar partikel-partikel tanah lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain sehingga membentuk kedudukan yang lebih rapat. Prinsip-prinsip pemadatan tanah, saat dilakukan uji pemadatan

dilaboratorium. Pada awal proses pemadatan, berat volume kering bertambah seiring dengan di tambahkannya kadar air. Pada kadar air nol ( $w = 0$ ), berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) sama dengan berat volume kering ( $\gamma_d$ ), atau  $\gamma_{b(w=0)} = \gamma_d = \gamma_1$ . Ketika kadar air berangsur-angsur ditambah (dengan usaha pemadatan yang sama), berat butiran tanah padat persatuan volume ( $\gamma_d$ ) juga berangsur ikut bertambah. Misalnya, pada  $w = w_1$ , maka berat volume basah dari tanah sama dengan:

$$\gamma = \gamma_2 \dots\dots\dots(2.16)$$

Berat volume kering dari tanah tersebut pada kadar air ini:

$$\gamma_d (w = w_1) = \gamma_d (w = 0) + \Delta\gamma_d \dots\dots\dots (2.17)$$



Gambar 2.3 Prinsip Pemadatan. (Braja M. Das, Endah Noor, dan Mochtar, 1988)

## **2.4. Sistem Klasifikasi Tanah**

Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das,1995).

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989).

Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi.

Adapun sistem klasifikasi tanah yang telah umum digunakan adalah :

### **2.4.1. *Unified Soil Classification System (USCS).***

Dalam sistem ini, *Cassagrande* membagi tanah atas 3 (tiga) kelompok (Sukirman, 1992) yaitu :

1. Tanah berbutir kasar, < 50% lolos saringan No. 200.
2. Tanah berbutir halus, > 50% lolos saringan No. 200.

3. Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa-sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

Tabel 2.5 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Jenis Tanah	<i>Prefiks</i>	Sub Kelompok	<i>Sufiks</i>
		Gradasi Baik	W
Kerikil	G	Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	wL < 50%	L
Organik	O	wL > 50%	H
Gambut	Pt		

(Sumber : Bowles, 1989)

Dimana :

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik),

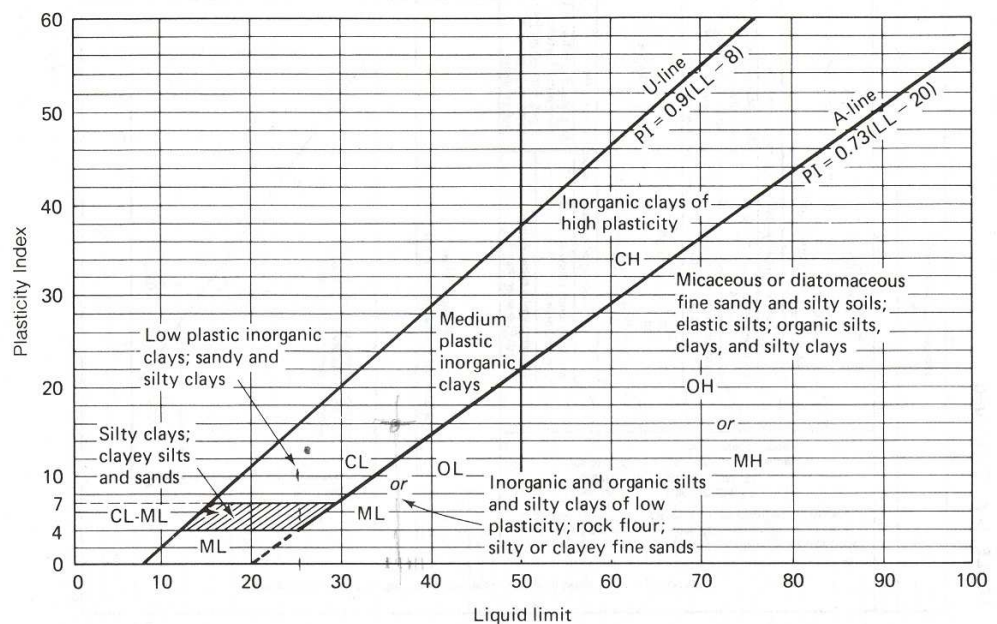
P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk),

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, LL<50),

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, LL> 50).

Tabel 2.6 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Jenis	Simbol	Nama Kelompok	Kriteria
Lanau dan lempung dengan batas cair, $LL < 50\%$	ML	Lanau inorganik dan pasir sangat halus atau pasir halus berlanau atau berlempung	$PI < 4$ atau berada di bawah garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 1).
	CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ( <i>clean clays</i> )	$PI > 7$ dan berada pada atau di bawah garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 1).
	CL-ML	Lanau berlempung inorganik, dengan pasir halus atau sedikit kerikil.	PI berada dalam daerah yang diarsir ( <i>hatched area</i> ) dalam Gambar 1.
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	PI berada dalam daerah OL dalam Gambar 1 dan $\frac{LL(oven\ dried)}{LL(not\ dried)} < 0,75$
Lanau dan lempung dengan batas cair $LL > 50\%$	MH	Lanau inorganik atau pasir halus diatomae, lanau Elastis	PI berada dibawah garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 1)
	CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ( <i>fat clays</i> )	PI berada diatas garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 1)
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	PI berada dalam daerah OH dalam Gambar 1 dan $\frac{LL(oven\ dried)}{LL(not\ dried)} < 0,75$
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt	Gambut ( <i>peat</i> ), dan tanah lain kandungan organik Tinggi	



Gambar 2.4 Grafik plastisitas Cassagrande

- Garis A pada umumnya memisahkan material seperti tanah liat (*clay*) dari material tanah gambut (*silty*), dan organik dari non-organik.
- Garis U menyatakan batas teratas untuk tanah pada umumnya.  
*catatan:* Jika batas pengukuran tanah berada di kiri garis U, maka perlu dilakukan pengecekan ulang. (Holtz and Kovacs, 1981)

#### 2.4.2. AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*)

Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh Hoentogler dan Terzaghi, yang akhirnya diambil oleh *Bureau Of Public Roads*. Pengklasifikasian sistem ini berdasarkan kriteria ukuran butir dan plastisitas. Maka dalam

mengklasifikasikan tanah membutuhkan pengujian analisis ukuran butiran, pengujian batas cair dan batas palstis.

Sistem ini membedakan tanah dalam 8 ( delapan ) kelompok yang diberi nama dari A-1 sampai A-8. A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka pada revisi terakhir oleh AASHTO diabaikan (Sukirman, 1992).

Tabel 2.7 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No.200)						
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Saringan Persen lolos :							
No. 10	≤ 50						
No. 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51				
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Karakteristik fraksi Lolos No. 40							
Batas Cair				≤ 40	≤ 41	≤ 40	≤ 41
Indeks Plastisitas	≤ 50		N.P	≤ 10	≤ 10	≤ 11	≤ 10
Indeks Kelompok	0		0	0		≤ 4	
Jenis-jenis bahan Pendukung utama	Fragmen Batu kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung			
Tingkatan umum sebagai tanah dasar	Sangat Baik sampai baik						



Tabel 2.8 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

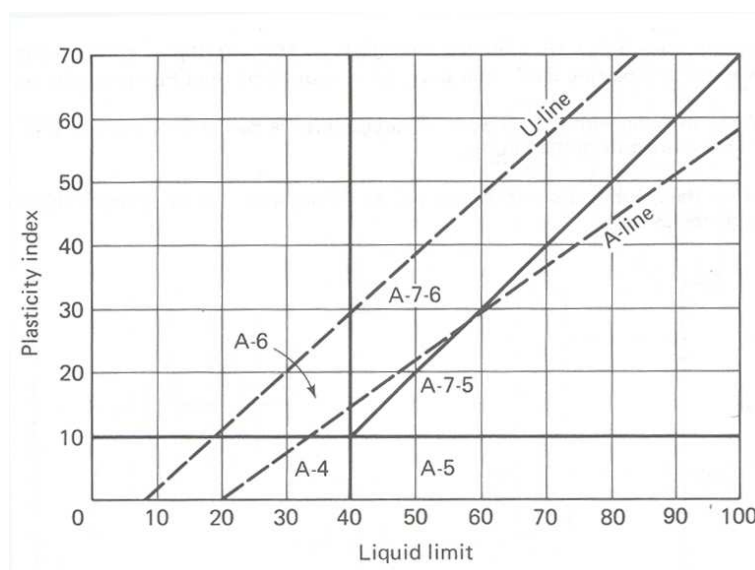
General Classification	Granular Materials (35% or less passing 0.075 mm)							Silt-Clay Materials (More than 35% passing 0.075 mm)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Group classification	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Sieve analysis, percent passing:											
2.00 mm (No. 10)	50 max.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.425 mm (No. 40)	30 max.	50 max.	51 min.	—	—	—	—	—	—	—	—
0.075 mm (No. 200)	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Characteristics of fraction passing 0.425 mm (No. 40):											
Liquid limit	—	—	—	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Plasticity index	6 max.	—	NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments, gravel, and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils	
General rating as subgrade	Excellent to good							Fair to Poor			

\*©American Association of State Highway and Transportation Officials, 1978. Used by permission.

†Plasticity index of A-7-5 subgroup is equal to or less than LL minus 30. Plasticity index of A-7-6 subgroup is greater than LL minus 30 (see Fig. 3.5).

#### Keterangan :

1. Persen lolos saringan No. 200  $\leq 35\%$ ,
2. Persen lolos saringan No. 200  $> 35\%$ ,
  - a. Tanah yang lolos saringan No. 40,
  - b. Untuk A-7-5,  $PI \leq LL - 30$ ,
  - c. Untuk A-7-6,  $PI > LL - 30$ .



Gambar 2.5 Grafik Penentuan Klasifikasi Group A-4 s/d A-7

## 2.5 Karakteristik Bambu

Bambu adalah bahan bangunan dari tumbuhan bukan kayu berbentuk pembuluh dan beruas-ruas dapat digunakan untuk tujuan konstruksi bangunan, seperti tiang, pipa air, atap atau cerucuk stabilitasi tanah (Krisdianto, 2006). Dari kurang lebih 1.000 species bambu dalam 80 genera, sekitar 200 species dari 20 genera ditemukan di Asia Tenggara (Dransfield dan Widjaja, 1995), sedangkan di Indonesia ditemukan sekitar 60 jenis. Beberapa kelebihan bambu jika dipergunakan untuk komponen bangunan secara umum :

- Merupakan bahan yang dapat diperbarui (3-5 tahun sudah dapat ditebang).
- Murah harganya serta mudah pengerjaannya karena tidak memerlukan tenaga terdidik, cukup dengan peralatan sederhana pada kegiatan pembangunan.
- Mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (beberapa jenis bambu melampaui kuat tarik baja mutu sedang), ringan, berbentuk pipa beruas sehingga cukup lentur untuk dimanfaatkan sebagai komponen bangunan rangka.
- Rumah dari bambu cukup nyaman ditempati.
- Masa konstruksi cukup singkat sehingga biaya konstruksi menjadi murah.

Kelemahannya adalah dalam penggunaannya terkadang menemui beberapa keterbatasan. Sebagai bahan bangunan, faktor yang sangat mempengaruhi bambu adalah, sifat fisik bambu (bulat) yang agak menyulitkan dalam pengerjaannya secara mekanis, variasi dimensi dan

panjang ruas yang tidak seragam serta mudah diserang oleh organisme perusak seperti bubuk, rayap dan jamur.

Menurut Liese (1980), bambu tanpa pengawetan hanya dapat tahan kurang 1 – 3 tahun jika langsung berhubungan dengan tanah dan tidak terlindung terhadap cuaca. Bambu yang terlindung terhadap cuaca dapat tahan lebih dari 4 – 7 tahun. Tetapi untuk lingkungan yang ideal, sebagai rangka, bambu dapat tahan lebih dari 10 – 15 tahun. Dengan demikian, untuk bambu yang diawetkan tentunya keawetannya akan menjadi lebih dari 15 tahun.

Kendala berikutnya menyangkut kekuatan sambungan bambu yang umumnya sangat rendah mengingat perangkaan batang-batang struktur bambu seringkali dilakukan secara konvensional memakai paku, pasak, atau tali ijuk. Adapun kendala menggunakan bambu yaitu sifat bambu yang mudah terbakar.

### **2.5.1 Sifat Fisis dan Mekanis Bambu**

Untuk dapat mengambil manfaat suatu bahan/material, maka perlu diketahui dan dipahami berbagai sifat fisika maupun mekanika bahan tersebut. Sifat Fisika diantaranya berat jenis, kembang susut, ketahanan terhadap api, sifat akustik, dan sifat isolator/konduktor terhadap panas. Sifat Mekanika bahan yang perlu dipahami antara lain modulus Elastisitas, batas proporsional, batas elastis, kuat tarik, kuat tekan, kuat geser, serta hubungan antara tegangan dan regangan.

## 2.5.2 Sifat Fisika

### 1. Kadar Air

Sifat fisis bambu secara umum, dipengaruhi oleh berat volume dan kadar air. Kadar air yang terkandung dalam batang bambu tergantung pada musim saat bambu ditebang dan umur bambu itu sendiri karena bambu memiliki sifat higroskopis yaitu mudah menyerap dan melepaskan air.

Hasil dari uji pendahuluan dalam penelitian ini dapat dilihat pada table 1 dibawah ini.

Tabel 2.9 Kadar air bambu ater (Hasil uji pendahuluan)

Nama Bambu	Posisi		
	Pangkal	Tengah	Ujung
Bambu Atter	6,10%	13,82%	7,14%
	14,55%	6,09%	11,68%
	5,51%	11,75%	7,40%

Hasil pengujian kadar air beberapa jenis bambu oleh penelitian terdahulu dapat dilihat pada table 2 dibawah ini :

Table 2.10 Kadar air dan berat jenis bambu petung

Posisi	Nomor	Bambu Basah		Bambu Kering Udara	
		Kadar air (%)	Berat Jenis	Kadar air (%)	Berat Jenis
Pangkal	1	38,610	0,634	5,381	0,646
	2	34,256	0,680	4,390	0,663

	3	35,361	0,603	5,909	0,682
	Rata-rata	36,076	0,639	5,227	0,664
Tengah	1	41,129	0,695	6,250	0,711
	2	36,402	0,701	6,926	0,702
	3	35,965	0,712	6,859	0,769
	Rata-rata	37,832	0,703	6,678	0,727
Ujung	1	38,699	0,754	6,034	0,763
	2	36,078	0,712	8,756	0,697
	3	35,517	0,686	6,818	0,820
	Rata-rata	36,765	0,717	7,203	0,760

(Triwiyono dan Morisco, 2000)

### 2.5.3 Sifat Mekanika

Bambu adalah salah satu jenis kayu yang banyak dipakai sebagai bahan struktur bangunan serta perabot rumah tangga di daerah tropis sejak beberapa abad yang lalu. Dari kenyataan ini dapat disimpulkan bahwa bambu telah berfungsi sebagai salah satu kebutuhan manusia, baik untuk perumahan maupun untuk perabot rumah tangga. Pemilihan bambu sebagai bahan bangunan dapat didasarkan pada harganya yang rendah, serta kemudahan untuk memperolehnya. Masyarakat desa pada umumnya memiliki beberapa rumpun bambu. Pemilikan rumpun bambu itu hanyalah sekedar untuk memenuhi kebutuhan pada saat mereka perlu membeli bambu pada saat memerlukannya.

Pemakaian bambu seringkali didasarkan pada pengalaman nenek moyang saja. Perangkaian batang-batang struktur bambu dilakukan secara konvensional menggunakan tali atau pasak, sehingga rangkaian itu kokoh. Sebagai akibat penyusutan bahan, ikatan tali/pasak menjadi kendur, sehingga struktur akan mengalami perubahan bentuk yang cukup besar, dan kekuatannya pun merosot. Hal ini memberi kesan bahwa kekuatan bambu sangat rendah. Oleh karena itu tidak mengherankan jika pemakaian bambu selama ini hanya terbatas pada struktur ringan saja.

Agar suatu bahan dapat dipakai secara optimum maka sifat mekanik bahan itu harus dipahami betul. Tanpa pemahaman sifat mekanik, pemakaian bahan dapat berlebihan sehingga dari segi ekonomis akan boros, sedang pemakaian dengan ukuran terlalu kecil dapat membahayakan pemakaiannya. Jika sifat mekanik bahan telah dikuasai, maka dapat dipikirkan cara mengatasi kelemahannya, serta memanfaatkan sifat-sifat unggulannya. Lebih lanjut pemakaian bahan dapat diusahakan lebih optimum.

Untuk mengetahui sifat mekanik bahan, umumnya pengujian di laboratorium dilakukan mengikuti standar tertentu, meliputi ukuran spesimen serta cara-cara pengujian. Hal ini dimaksudkan agar ada persamaan persepsi pada hasil uji bahan, namun demikian mengingat sifat bambu cukup unik. Pengujian itu tidak dapat dilakukan berdasarkan standar yang telah ada. Mengingat kesulitan tersebut, maka pengujian sifat

mekanik bambu ini dapat mengikuti salah satu cara pengujian yang dianjurkan oleh peneliti terdahulu.

## 1. Kuat tekan

Kuat tekan adalah kemampuan bahan dalam menahan gaya tekan yang bekerja. Kekuatan bambu untuk menahan gaya tekan tergantung pada bagian ruas dan bagian antar ruas batang bambu. Bagian batang tanpa ruas memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dari batang bambu yang beruas.

Kekuatan tekan bambu semakin tinggi dari pangkal menuju ujung, sesuai dengan meningkatnya jumlah serat sklerenkim yang merupakan pendukung utama keteguhan bambu. kekuatan tekan dari bambu meningkat dari pangkal menuju ujung seiring dengan berkurangnya kadar air/kenaikan berat jenis dari bambu tersebut. Peningkatan kuat tekan bambu dari pangkal ke ujung juga diakibatkan prosentase kulit (bagian yang keras) terhadap tebal dinding pada ujung lebih besar dari pangkal.

Hasil pengujian kuat tekan pada penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 2.11 Kuat tekan rata-rata bambu bulat (Morisco, 1996)

Jenis bambu	bagian	Kuat tekan (MPa)
Dendrocalamus asper (bambu petung)	Pangkal	277
	Tengah	409
	Ujung	548
Bambusa vulgaris (bambu tutul)	Pangkal	532

	Tengah	543
	Ujung	464
Gigantochloa veen'icilata (bambu galah)	Pangkal	327
	Tengah	399
	Ujung	405
Gigantochloa apus (bambu apus)	Pangkal	215
	Tengah	288
	Ujung	335

## 2. Kuat Geser

Kuat geser adalah kemampuan untuk menahan gaya yang membuat suatu bagian bergeser dari bagian lain didekatnya. Kuat geser bambu bergantung pada ketebalan dinding batang bambu. Nilai kuat geser bambu memiliki prinsip dan hubungan yang sama dengan kuat tekan bambu dimana kekuatan geser bambu juga turut dipengaruhi oleh berat jenis bambu dan masa serat dari bambu itu sendiri. Kekuatan geser sejajar serat pada bambu cukup rendah dibandingkan dengan kekuatan geser tegak lurus serat, kekuatan tekan dan kekuatan tariknya.

## 3. Kuat tarik

Kemampuan bahan untuk menahan gaya tarik yang bekerja disebut kuat tarik. Bambu bagian pangkal memiliki kuat tarik yang lebih dibanding dengan bagian lainnya. Kekuatan bambu dengan nodia lebih rendah dibandingkan dengan bambu tanpa nodia, hal ini disebabkan serat bambu di sekitar nodia tidak lurus, sebagian berbelok menjauhi sumbu batang sedang sebagian lain berbelok menuju sumbu batang. Dengan



demikian perancangan batang tarik dari bambu harus didasarkan pada kekuatan bambu dengan nodia.

Kekuatan tarik dibedakan menjadi dua macam yaitu kekuatan tarik tegak lurus serat dan kekuatan tarik sejajar serat. Kekuatan tarik sejajar arah serat merupakan kekuatan tarik yang terbesar pada bambu. Kekuatan tarik tegak lurus serat mempunyai hubungan dengan ketahanan bambu terhadap pembelahan. Hasil pengujian oleh Morisco (1996) dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2.12 Kuat tarik bambu kering oven (Sumber : Morisco 1996)

Jenis bambu	Kuat Tarik (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	Tanpa Nodia	Dengan Nodia
Ori	2968	1305
Petung	1938	1183
Wulung	1693	1499
Tutul	2203	755

#### 4. Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kemampuan bahan untuk menahan gaya yang berusaha melengkungkan bahan tersebut. Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, diketahui bahwa kuat lentur pada bambu sangat besar pada bagian tengahnya.

Hasil penelitian sebelumnya mengenai kuat lentur dapat dilihat pada tabel 5 dibawah.

Tabel 2.13 Hasil pengujian kuat lentur bambu wulung

Peneliti	Asal Bambu	No	Kuat lentur (MPa)	
			Posisi bambu	
			Tengah	Pangkal
Pathurahman, 1998	Pugeran, Depok Yogyakarta	1	123,96	113,90
		2	114,35	78,39
		3	113,40	113,57
	Gobang, Mlati, Yogyakarta	1	112,05	125,26
		2	124,26	91,22
		3	70,22	75,80

## 5. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah besaran yang menunjukkan kemiringan kurva tegangan regangan bahan. Beberapa hasil pengujian modulus elastisitas antara lain yang dilakukan oleh Kasyanto (2008) pada bambu wulung menghasilkan 3193,51 MPa untuk modulus elastic tarik dan 6900 MPa untuk modulus elastik tekan

Satuan tegangan yang dipakai dalam buku ini adalah Mega Pascal (MPa) yang setara dengan satu Newton per millimeter persegi, atau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ kg / cm}^2$$

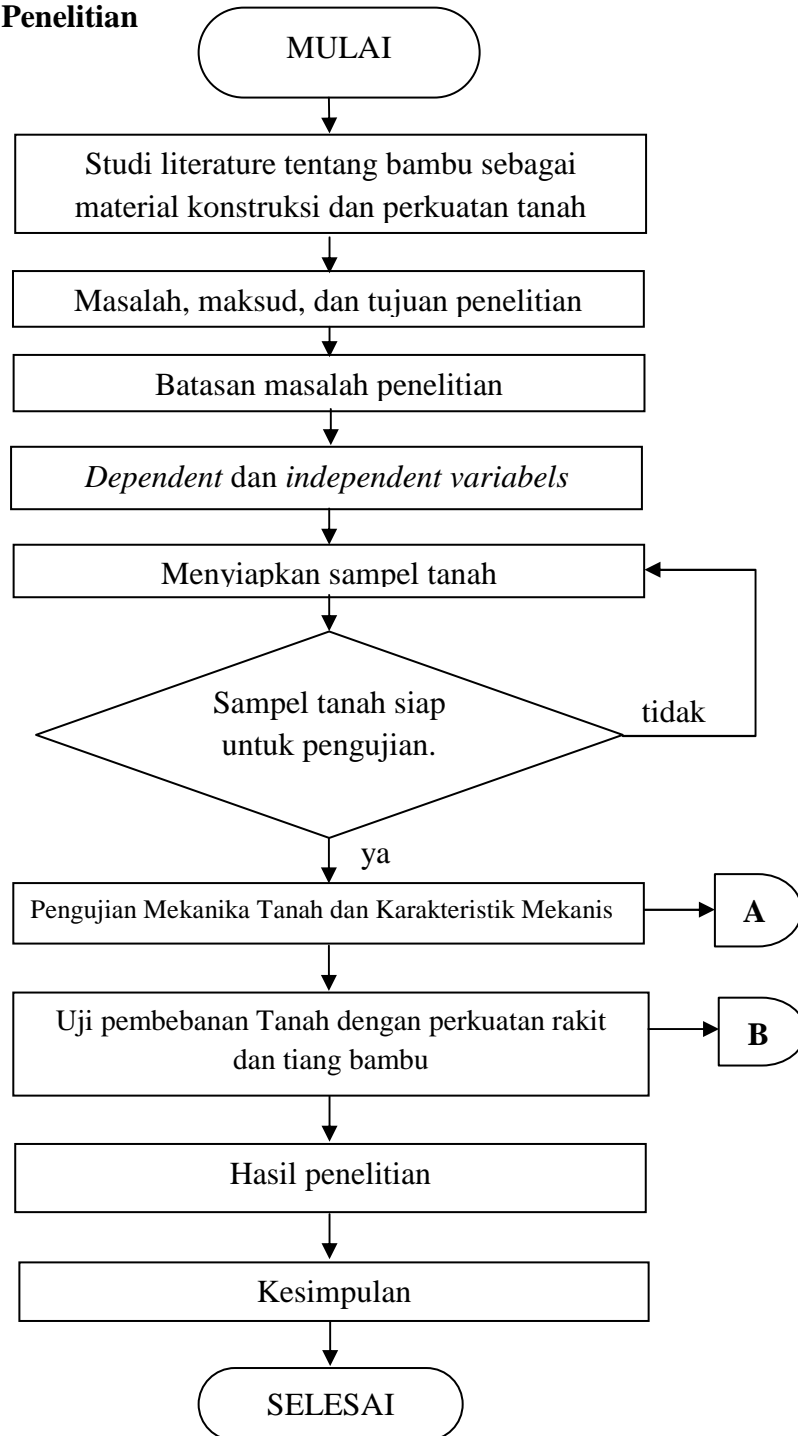
Kekuatan geser yang rendah mengakibatkan pengujian kuat tarik bambu sulit untuk dilakukan, spesimen mudah pecah akibat geser sebelum

kuat tarik lampau. Oleh karena itu spesimen uji tarik terpaksa dibuat dengan ukuran khusus yang tidak sesuai dengan ASTM, ISO, British Standard, ataupun standar yang lain. Ukuran khusus ini menyangkut lebar spesimen yang hanya sekitar 1-2 mm.

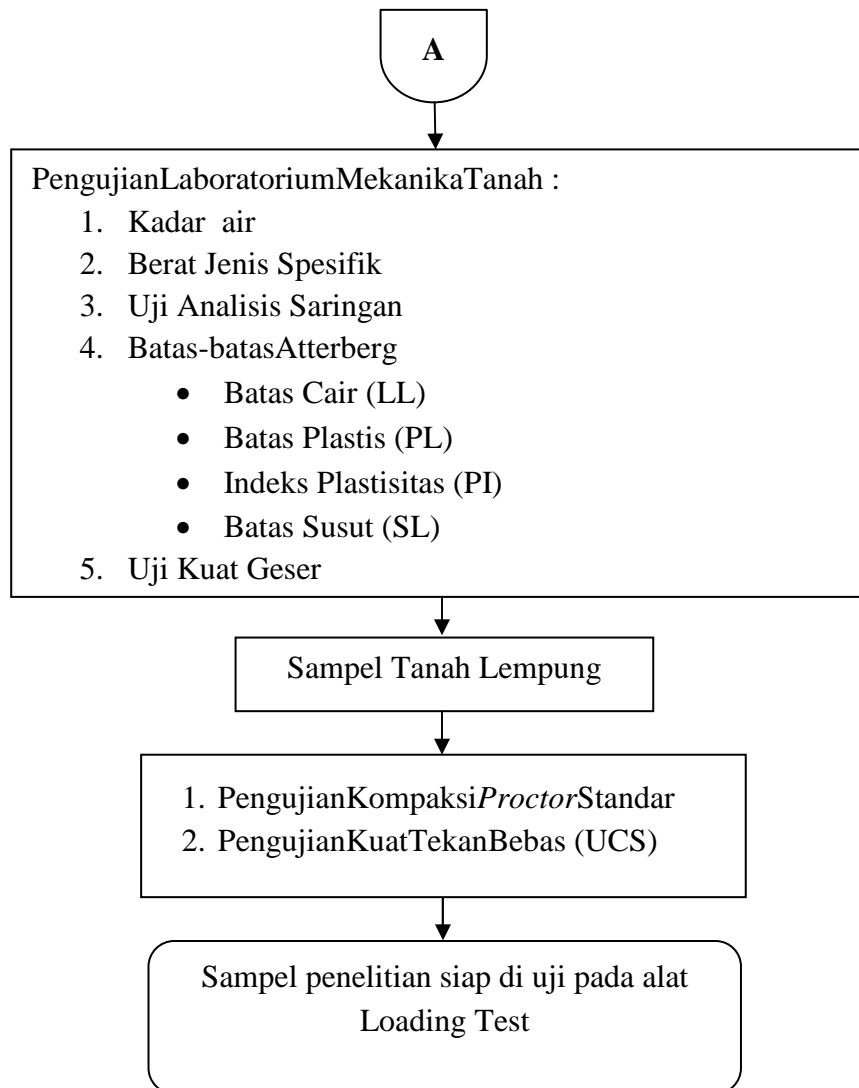
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

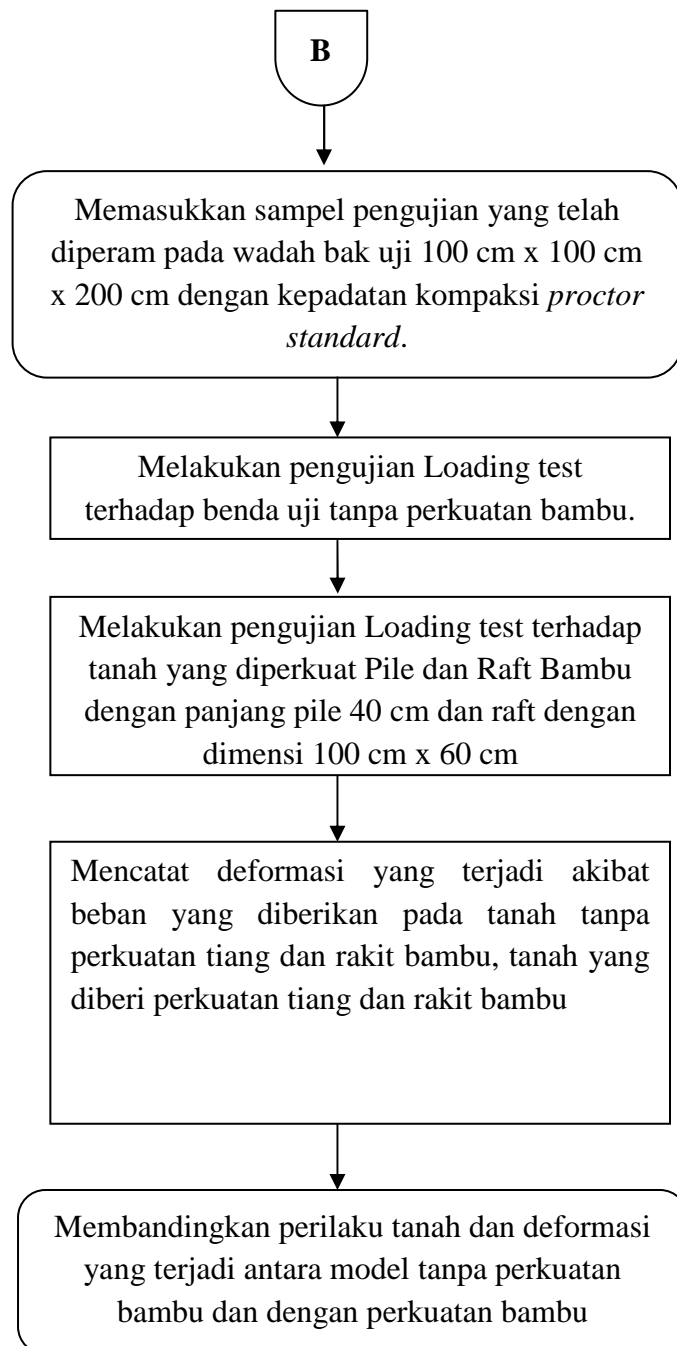
#### 3.1. Kerangka Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Model Kerangka Konseptual Penelitian



Gambar 3.2. Diagram Pengujian Mekanika Tanah dan Karakteristik Mekanis



Gambar 3.3.Diagram Alir Proses Penelitian

### 3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Agustus 2012 hingga Desember 2012, dengan lokasi penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin Makassar.

### 3.3. Rancangan Penelitian

Tanah lempung dimasukkan kedalam bak pengujian berukuran 100 cm x 100 cm x 200 cm. Tanah dasar menggunakan tingkat kepadatan adalah 50% dari kepadatan maksimum yang didapatkan pada pengujian kepadatan standar kompaksi. Dalam pengujian ini tanah dasar di modelkan setinggi 60 cm.

Rakit bambu terdiri atas dua lapis arah cross section dan longitudinal. Dimensi yang digunakan adalah lebar 60cm dan panjang 100 cm. Tiang bambu yang digunakan disusun di ujung rakit bambu memanjang dengan jarak antar tiang rapat (plane strain).



Gambar 3.4 Sketsa model rakit bambu dan tiang bambu

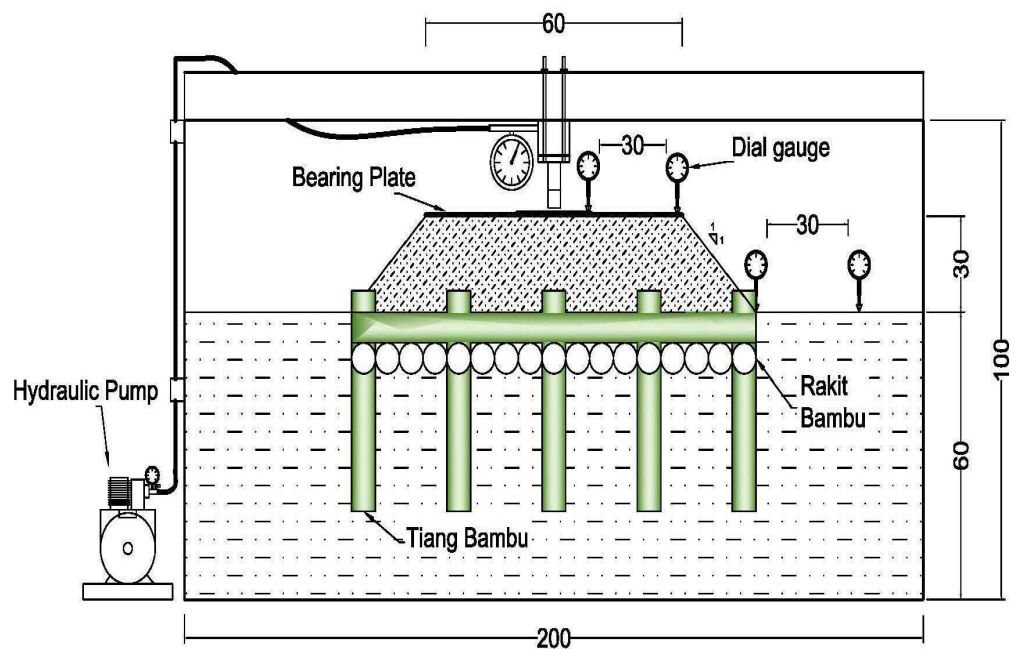
Setelah bak pengujian diisi tanah, rakit bambu kemudian di letakkan dan tiang-tiang bambu dimasukkan kedalam tanah dan di ikat menjadi satu

kesatuan dengan rakit bambu sebagai model perkuatannya. Tanah lempung kembali dimasukkan untuk menutupi permukaan rakit bambu untuk memudahkan pemberian beban.

Tanah timbunan berupa tanah lempung lalu dimasukkan diatas perkuatan rakit bambu, yang dimodelkan sebagai embankment jalan setinggi 30 cm.

Pelat bearing diletakkan pada permukaan dan nantinya akan dibebani menggunakan alat dongkrak hidrolis (hydraulic jack).

Dial indikator (*dial gauge*) di letakkan pada tiga (3) posisi. Yang pertama tepat diatas pelat bearing; kedua diletakkan 5 cm disisi pelat bearing dan yang ketiga 15 cm di sisi pelat bearing.



Gambar 3.5 Sketsa model pengujian



Selama pengujian, beban ditambahkan secara perlahan-lahan sambil membaca pergerakan dial ukur, mengamati pola penurunan dan perubahan bentuk permukaan.

### **3.3.1. Persiapan Peralatan Penelitian.**

#### **a. Persiapan pemodelan Sample uji tanah menggunakan material bambu**

Wadah uji model perkuatan tanah dengan material bambu dalam penelitian ini dibuat dengan menggunakan bak besi yang berbentuk persegi panjang berukuran panjang 200 cm, lebar 100 cm dan tinggi 100 cm. di dalam bak tersebut kemudian akan diisi dengan material tanah yang dipadatkan.

Bambu yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis bambu lokal (*Gigantochloa atter* Kurz) yang terlebih dahulu di uji dilaboratorium untuk menentukan karakteristik mekanis dari material tersebut. Pengujian karakteristik mekanis meliputi uji kuat tekan, uji kuat tarik, dan uji lentur bambu.

#### **b. Alat dan Bahan Penelitian**

##### **1. Alat dan bahan yang digunakan**

- Sampel tanah
- Air
- Bak besi persegi panjang
- Bambu
- Plat bearing ukuran 100 cm x 20 cm
- Dial gauge

- Jek hidrolik
- Plastik bening

## 2. Peralatan Penelitian

- Satu set alat analisa saringan untuk menentukan gradasi dari tanah yang digunakan pada penelitian ini.
- Satu set alat permeabilitas untuk mengetahui nilai koefisien permeabilitas standar dari tanah asli yang digunakan dalam penelitian.
- Satu set alat pengujian batas-batas atterberg untuk mengetahui batas cair, batas plastis, dan batas susut dari tanah yang digunakan dalam penelitian.
- Alat *Unconfined Compressive Strength* untuk mengetahui nilai *strength* / kuat tekan dari tanah.
- Satu set alat kompaksi untuk mengetahui nilai berat isi kering dan kadar air optimum dari tanah dengan variasi kadar semen.
- Piknometer digunakan dalam pengujian berat jenis.
- Timbangan untuk menimbang material yang digunakan.
- Waterpass digunakan pada saat penyetelan alat pemodelan agar tidak ada kemiringan.

### 3.3.2. Persiapan Material Dasar

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tanah asli yang berlokasi di Kelurahan Tamalanrea, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Kemudian dilakukan pengujian mekanika tanah yang meliputi :

- a. Kadar Air
- b. Berat Jenis Spesifik

- c. Analisa Saringan
- d. Uji Analisis Hidrometer
- e. Batas-batas Atterberg

### **3.4. Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.4.1. Pengujian Karakteristik Tanah**

Pengujian karakteristik tanah yaitu secara indeks dan uji mekanis yang bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik dari tanah yang selanjutnya untuk mengetahui jenis tanah yang akan digunakan.

##### **1. Indeks Properties**

- a) Pengujian Kadar Air
- b) Berat Jenis Spesifik (  $G_s$  )
- c) Batas-batas Atterberg
- d) Analisis Saringan
- e) Analisis Hidrometer

##### **2. Uji Mekanis**

- a). Uji Kuat Tekan Bebas (UCS)

Pengujian UCS dengan tujuan mendapatkan nilai kekuatan tanah dalam keadaan bebas sampai mencapai keruntuhan. Proses pemeraman menggunakan kantong plastik kedap udara, dan suhu pemeraman  $27^{\circ}\text{C}$  (suhu ruang).

#### b). Uji Kompaksi *Proctor Standard*

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai berat volume kering dan kadar air optimum pada sampel tanah sebagai acuan pemadatan benda uji.

#### 3.4.2. Penyiapan Sampel Uji

Tanah yang telah lolos saringan no.4 kemudian di peram sesuai dengan kadar air optimum dan berat isi kering dari hasil pengujian kompaksi *proctor* standar. Dengan kepadatan berdasarkan hasil uji kompaksi, tanah dipadatkan dalam Bak besi berukuran panjang 200 cm, lebar 100 cm dan tinggi 100 cm.



Gambar 3.6 Proses penyaringan tanah untuk pemadatan



Gambar 3.7 Proses persiapan tanah untuk pemeraman dan pemadatan tanah

Setelah sampel pengujian dipadatkan sesuai volume wadah drum, selanjutnya mengecek tingkat kepadatan yang diperoleh dengan mengambil contoh tanah pada sampel yang telah dipadatkan dengan menggunakan *mould/ring* contoh, kemudian membandingkannya dengan hasil uji kompaksi standar di laboratorium.

Ring/mould contoh sampel yang digunakan dalam pengujian kepadatan pada penelitian ini mempunyai dimensi sebagai berikut :

- Diameter Mould : 3,25 cm
- Tinggi Mould : 7,54 cm
- Volume Mould : 62,5 cm<sup>3</sup>
- Berat Mould : 67,65 gram

Parameter yang digunakan untuk membandingkan tingkat kepadatan yaitu nilai berat volume kering contoh sampel tersebut dengan menggunakan persamaan :

$$W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + \left(\frac{w}{100}\right)} \dots\dots\dots(3.1)$$

Kemudian dihitung berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dari tanah tersebut dengan menggunakan persamaan (3.2).

$$\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

$W_{dry}$  : berat tanah kering (gram)

$W_{wet}$  : berat tanah basah contoh sampel yang telah dipadatkan (gram)

$\gamma_{dry}$  : berat volume kering contoh sampel yang telah dipadatkan (gram)

$w$  : Kadar Air tanah setelah dipadatkan (%)

$V_{\text{mould}}$  : Volume mould/ring contoh sampel ( $\text{cm}^3$ )



Gambar 3.8 Gambar sample uji sebelum pengujian



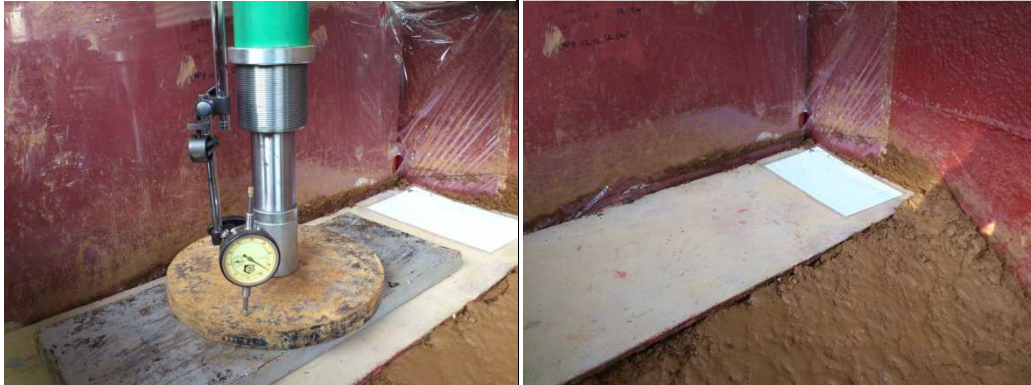
Gambar 3.9 Gambar pengujian penurunan tanah

### **3.4.3. Perkuatan Tanah Raft - Tiang Bambu**

Tahapan ini meliputi kegiatan sebagai berikut:

- a. Memasukkan sampel tanah dengan kadar air optimum ke dalam bak kemudian dipadatkan sampai ketinggian 60 cm dari dasar bak. Pemadatan dilakukan bertahap 3 layer dengan ketebalan tiap layer 20 cm. Kemudian tanah embankment dibuat berbentuk trapesium dengan tinggi 30 cm, lebar bawah 60 cm, lebar atas 20 cm, panjang 100 cm.
- b. Untuk sampel yang menggunakan pile dan raft bambu sebagai perkuatan, ketika tanah dipadatkan pada ketinggian 60 cm, pile dan raft bambu kemudian diletakkan diatas tanah yang telah dipadatkan dengan posisi raft menumpu pada pile bambu, dan melanjutkan pemadatan untuk tanah embankment sampai selesai.
- c. Menguji sampel satu per satu dengan metode plate bearing test dimana sebuah plate persegi panjang 100 cm dan lebar 20 cm diletakkan tepat pada embankment tanah, menyiapkan dan meletakkan 1 dial gauge diatas plate, dan 3 dial gauge diatas permukaan tanah dasar untuk mengukur deformasi yang terjadi.
- d. Selanjutnya, sampel ditekan dengan jack hidrolik sampai terjadi keruntuhan.
- e. Mencatat hasil pembacaan dial 1, dial 2, dial 3, dial 4.
- f. Menghitung perbandingan antara beban yang diberikan dengan penurunan/deformasi yang terjadi.

- g. Mengulangi tahapan percobaan a sampai f dengan sampel tanah yang diberikan perkuatan bambu.



Gambar 4.0 Gambar sampel yang sedang diuji dan setelah diuji

### 3.5. Metode Pengujian dan Analisa Data

#### 3.5.1. Metode Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan mengacu pada standar-standar pengujian AASHTO, ASTM dan SNI (Tabel 3).

Tabel 3.1. Standar yang Digunakan dalam Pengujian

No.	Jenis Metode Pengujian	No. Standart		
		AASHTO	ASTM	SNI
1	Analisa Saringan	T-88	D-422	SNI 03 - 1968 - 1990
2	Batas-batas Atterberg			
	Batas Plastis (PL)	T-90-74	D-424-74	SNI 03 - 1966 - 1990
	Batas Cair (LL)	T-89-74	D-423-66	SNI 03 - 1967 - 1990
3	Berat Jenis Tanah	T-265	D-162	SNI 03 - 1964 - 1990
4	Kadar Air	T-265-79	D-2216	SNI 03 - 1965 - 1990



5	Hidrometer			SNI 03 - 3423 - 1994
6	Kuat Tekan Bebas (UCS)	T-208-70	D-633- 1994	SNI 03 - 6887 - 2002

### 3.5.2. Metode Analisis Data

Analisis pengolahan data berdasarkan landasan-landasan teori yang diolah dari hasil pengujian di laboratorium. Tahapan-tahapan penelitian untuk pengolahan data sebagai berikut :

1. Uji karakteristik indeks, untuk pengklasfikasian tanah.
2. Uji karakteristik Mekanis
  - a). Uji kuat tekan bebasdengan alat *Unconfined Compressive Strength* (UCS) .
  - b). Uji Kompaksi *Proctor* Standar, untuk mengeahui tingkat kepadatan tanah maksimum.
3. Uji pemodelan tanah

Setelah mendapatkan data-data dari pemodelan tanah di laboratorium, maka data-data yang diperoleh kemudian diolah untuk selanjutnya diplotkan ke dalam grafik hubungan antara pembebanan dan *settlement*. Hasil akhir data dianalisis penyebabnya dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pembahasan Pemeriksaan Karakteristik Tanah Dasar

Pengujian karakteristik fisik tanah dilakukan untuk mengklasifikasi jenis tanah yang digunakan pada penelitian. Hasil pemeriksaan karakteristik tanah ditampilkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.1. Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah asli

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
1. Kadar Air	38,69 %
2. Berat Jenis Spesifik	2,74
3. Batas-batas Atterberg	
❖ Batas Cair (LL)	63,80 %
❖ Batas Plastis (PL)	50,41 %
❖ Indeks Plastisitas (PI)	13,38 %
❖ Batas Susut (SL)	42,26 %
4. Gradasi Butiran	Tanah berbutir kasar = 42,96 % Tanah berbutir halus = 57,04%
5. Kompaksi	$w_{opt} = 39,61 \%$ $\gamma_{dry} = 1,23 \text{ gr/cm}^3$
6. Kuat tekan bebas	$q_u = 2.51 \text{ Kg/cm}^2$
7. Geser Langsung	$c = 0,07 \text{ Kg/cm}^2$ $\phi = 19,34^\circ$

Sumber: hasil pengujian laboratorium

#### **4.1.1 Perilaku Indek Tanah**

##### **A. Kadar Air**

Dari hasil pemeriksaan kadar air sampel diperoleh kadar air alami / kadar air natural 38,69 %.

##### **B. Berat Jenis Spesifik**

Dari hasil pemeriksaan berat jenis spesifikasi diperoleh nilai berat jenis 2,74.

##### **C. Batas – Batas Atterberg**

- Batas Cair (*Liquid Limit*, LL)

Dari grafik hubungan jumlah ketukan dan kadar air diperoleh nilai batas cair (LL) = 63,80 %

- Batas Plastis (*Plastic Limit*, PL)

Dari hasil pengujian diperoleh hasil batas plastis (PL) = 50,41%. Indeks plastisitas diperoleh dari selisih antara batas cair dan batas plasti, rumus  $PI = LL - PL$ . Diperoleh nilai Indeks Plastisitas(PI) = 13,38%.

- Batas Susut (*Shrinkage Limit*, SL)

Dari pengujian batas susut diperoleh nilai batas susut = 42,26%.

##### **D. Analisa Gradasi Butiran**

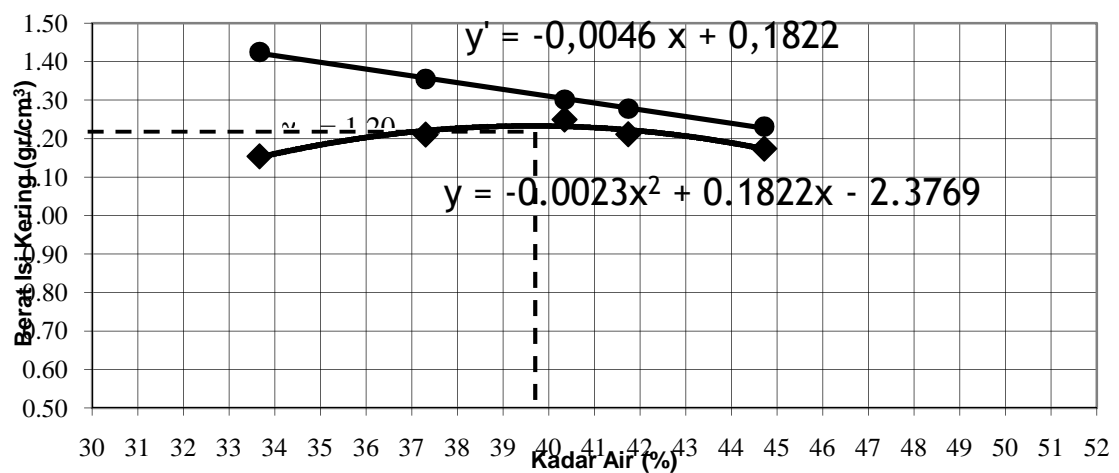
Dari hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa saringan diperoleh hasil tanah tersebut lebih dari 50 % lolos saringan No. 200 yaitu 57,04 %. Tanah tersebut merupakan tanah Berbutir Halus.

Hal ini menunjukkan persentase butiran halusya cukup dominan. Menurut AASHTO tanah ini termasuk dalam tipe A-7-5 jenis tanah berlempung dengan penilaian sedang.

Peninjauan klasifikasi tanah yang mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 0,075 mm, tidak didasarkan secara langsung pada gradasinya sehingga penentuan klasifikasinya lebih didasarkan pada batas-batas *Atterbergnya*.

#### 4.1.2 Pemadatan standar (kompaksi)

Dari hasil pengujian pemadatan standar (*proctor test*) diperoleh kadar air maksimuma dalah  $w_{opt} = 39,61\%$  dan berat isi kering maksimumnya  $\gamma_{dmaks} = 1,23 \text{ gr/cm}^3$ .



Gambar 4.1 Hubungan kadar air dan berat isi kering

- Volume bak besi persegi =  $p \times l \times t$   
 $= 1,741 \cdot 1,005 \cdot 0,6$   
 $= 1,050000 \text{ m}^3 = 1050000 \text{ cm}^3$

- Banyaknya tanah kering yang dimasukkan:

$$\begin{aligned}
 W_s &= \gamma_{\text{dry}} \cdot V_{\text{mould}} \\
 &= 1,23 \text{ gr/cm}^3 \cdot 1050000 \text{ cm}^3 \\
 &= 1014604,031 \text{ gr} = 1014,604 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Penambahan air:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{air}} &= \frac{W_{\text{opt}}}{100\%} \times W_s \\
 &= \frac{39,61}{100} \cdot 1014,604 \\
 &= 665,482 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Berat tanah dan air:

$$\begin{aligned}
 W_a + W_s &= 665,482 \text{ kg} + 1014,604 \text{ kg} \\
 &= 1680,087 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tinggi bak yang diisi tanah = 60 cm, jumlah layer = 3 sehingga setiap layer memiliki 20 cm tinggi tanah. Dengan masing-masing layer seberat 580,029 kg.

- Penambahan air untuk 1 kg sampel tanah adalah:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{air}} &= \frac{W_{\text{opt}}}{100\%} \times W_s \\
 &= \frac{39,61}{100} \cdot 1 \\
 &= 0,396 \text{ kg} = 0,396 \text{ liter} \\
 &= 396,087 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.3 Kuat tekan bebas

Dari hasil pemeriksaan kuat tekan bebas di peroleh nilai  $q_u = 2,51 \text{ Kg/cm}^2$ , yang menandakan bahwa tanah lempung tersebut Berada pada kondisi konsistensi kaku.



Gambar 4.2 Pola retak yang terjadi setelah diuji

#### 4.1.4 Kuat Geser Langsung

Dari hasil pemeriksaan geser langsung diperoleh nilai sudut geser dalam  $= 19,34^\circ$  dan nilai kohesi  $= 0,07 \text{ kg/cm}^2$ .

### 4.2 Klasifikasi Tanah

#### 4.2.1 AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

Berdasarkan analisa persentase bagian tanah yang lolos saringan no. 200 diperoleh hasil tanah tersebut lebih dari 50 % ( $> 35 \%$ ) sehingga tanah diklasifikasikan dalam kelompok tanah berlanau atau berlempung (A-4, A-5, A-6, A-7).

Berdasarkan batas cair (LL) = 63,8 % dan Indeks plastisnya = 13,38 %, maka tanah tersebut masuk dalam kelompok A-7-5. Tanah yang masuk kategori A-7-5 termasuk dalam klasifikasi tanah berlempung dimana indeks plastisitasnya  $> 11$ .

#### **4.2.2 USCS (*Unified Soil Classification System*)**

Dari analisis saringan didapatkan tanah lolos saringan No. 200 lebih dari 50 % sehingga masuk ke dalam klasifikasi tanah berbutir halus. Dengan Batas cair (LL) = 63,80 % dan Indeks Plastisitas (PI) = 13,38 %, maka tanah tergolong dalam klasifikasi MH & OH (Lempung organik dengan plastisitas sedang & lanau anorganik atau pasir halus diatomae).

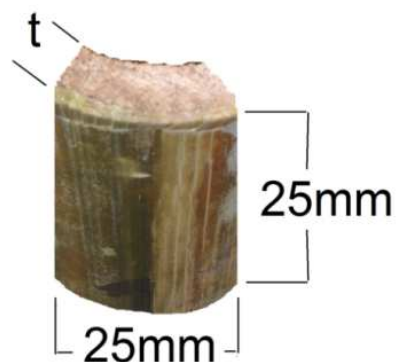
### **4.3 Hasil Pengujian Karakteristik Bambu**

Hasil pengujian karakteristik bambu terdiri dari Sifat fisis bambu meliputi kadar air bamboo dan Sifat mekanis dari bambu meliputi kuat tekan dan kuat lentur (MOR dan MOE). Modulus of refture (MOR) adalah kemampuan maksimum bambu menerima beban sampai retak, sedangkan Modulus of elastisitas (MOE) adalah kemampuan elastisitas bambu.

#### **4.3.1 Kadar Air Bambu**

Bambu termasuk zat higroskopis, artinya bambu mempunyai afinitas terhadap air, baik dalam bentuk uap maupun cairan. Kayu atau bambu mempunyai kemampuan mengabsorpsi atau desorpsi yang tergantung dari suhu dan kelembaban. Kandungan air dalam batang

bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang. Hal itu tergantung dari umur, waktu penebangan dan jenis bambu. Pengujian kadar air mengikuti standar ISO 22157-2 “Bamboo – Determination of Physical and Mechanical Properties”. Spesimen dibentuk segi empat dengan ukuran 25 mm x 25 mm x tebal bambu. Spesimen pengujian kadar air bambu dapat dilihat pada Gambar 4 berikut :



Gambar 4.3 Sampel Uji Kadar Air Sesuai ISO 22157-2

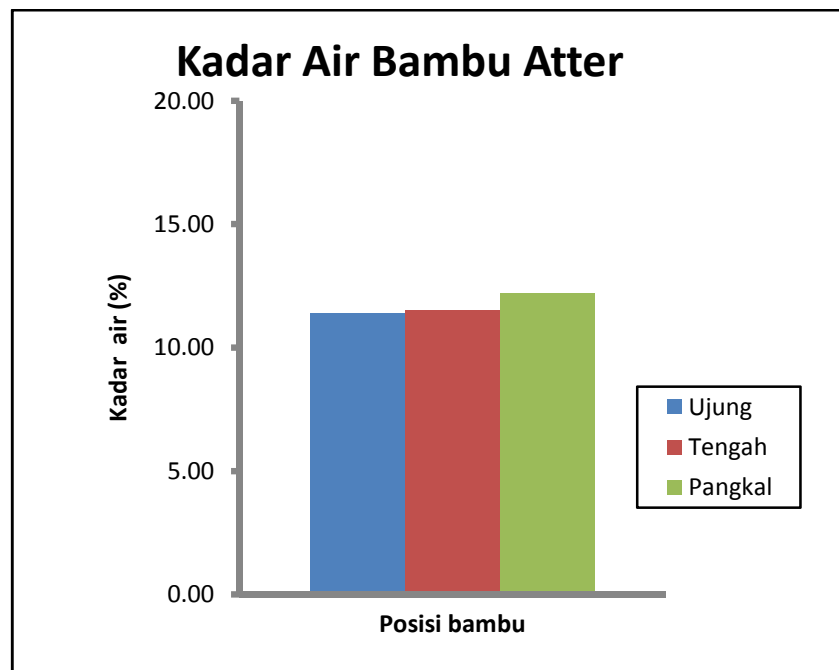
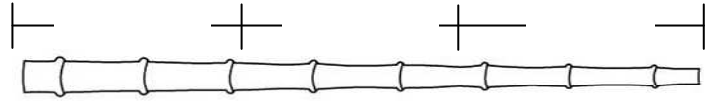
Hasil pengujian kadar air bambu dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil pemeriksaan kadar air bambu

No	Benda Uji	Berat sebelum di oven (gram)	Berat sesudah di oven (gram)	Kadar air (%)	Rerata kadar air (%)	Ket.
1	Sampel A1	9.15	8.13	12.55	12.20	Pangkal
2	Sampel B1	9.03	8.11	11.34		
3	Sampel C1	9.22	8.18	12.71		
4	Sampel A3	7.25	6.57	10.35	11.50	Tengah
5	Sampel B3	7.22	6.52	10.74		
6	Sampel C3	6.93	6.11	13.42		
7	Sampel A5	5.62	4.94	13.77	11.41	Ujung
8	Sampel B5	5.42	4.92	10.16		
9	Sampel C5	5.68	5.15	10.29		



<b>Rata-rata kadar air</b>	<b>11.70</b>		
<b>Keterangan :</b> A, B, C = sampel bambu 1 = Bagian pangkal bambu 3 = bagian tengah bambu 5 = bagian ujung bambu			



*Gambar 4.4 Grafik Kadar Air Bambu*

#### 4.3.2 Pengujian Kuat Tekan dan Tarik Bambu

##### Kuat Tekan Bambu

Kekuatan tekan merupakan kekuatan bambu untuk menahan gaya dari luar yang datang pada arah sejajar serat yang cenderung memperpendek atau menekan bagian-bagian bambu secara bersama-sama.



*Gambar 4.5 Proses Pegujian Kuat Tekan Bambu*

Dari hasil pengujian kuat tekan bambu yang dilakukan di laboratorium struktur dan bahan jurusan sipil Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, didapatkan Tegangan tekan sebesar 58,22 – 124,68 MPa pada bambu tanpa nodia untuk bagian pangkal, tengah dan atas, 47,88 – 147,86 MPa pada bambu dengan nodia di tengah, dan 175,01 – 572,73 MPa untuk bambu dengan nodia di kedua ujungnya.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bambu

No	Kode Sampel	Tinggi Rerata (mm)	Dia. Luar Rerata (mm)	Dia. Dalam Rerata (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	$\sigma$ tekan (Mpa)	MOE (Mpa)
1	A1a	185.33	92.50	83.00	1309.98	80000	61.07	13802.71
4	A3a	169.33	86.00	79.67	824.39	48000	58.22	12640.29
7	A5a	149.67	70.67	64.67	638.00	45000	70.53	16494.42
2	A1b	187.33	91.00	81.67	1266.22	120000	94.77	20643.72
5	A3b	169.67	87.67	80.67	925.83	70000	75.61	15837.14
8	A5b	150.33	71.33	65.00	678.42	40000	58.96	12142.09
3	A1c	396.00	92.17	82.67	1305.01	570000	436.78	144137.27

6	A3c	487.67	86.33	78.33	1035.05	510000	492.73	133493.59
9	A5c	470.67	70.33	63.00	768.25	440000	572.73	158566.84

**Keterangan :**

A, B, C = sampel bambu

Kode 1 = Bagian pangkal bambu

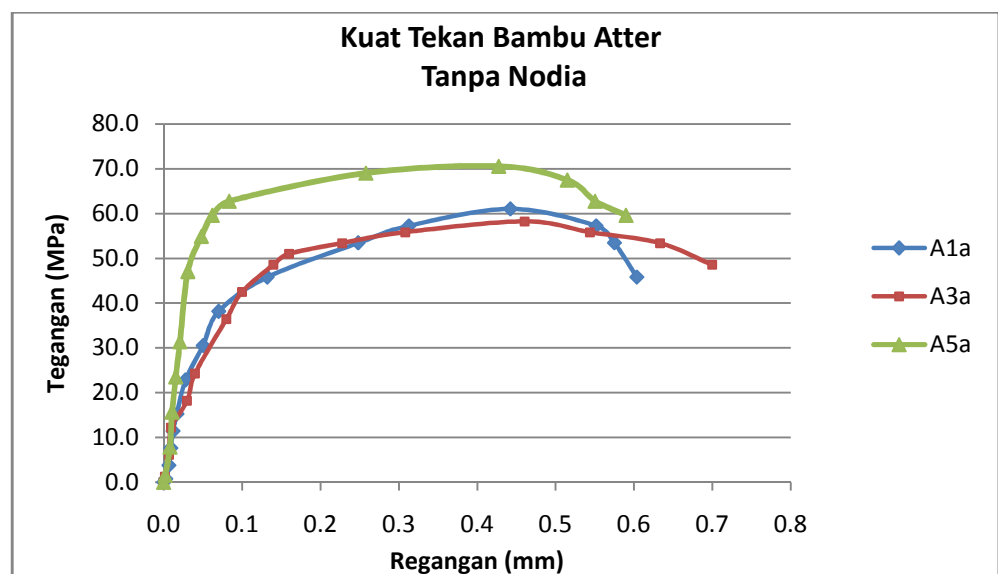
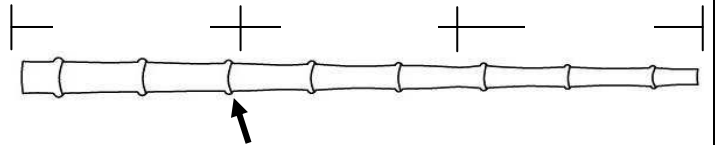
Kode 3 = Bagian tengah bambu

Kode 5 = Bagian ujung bambu

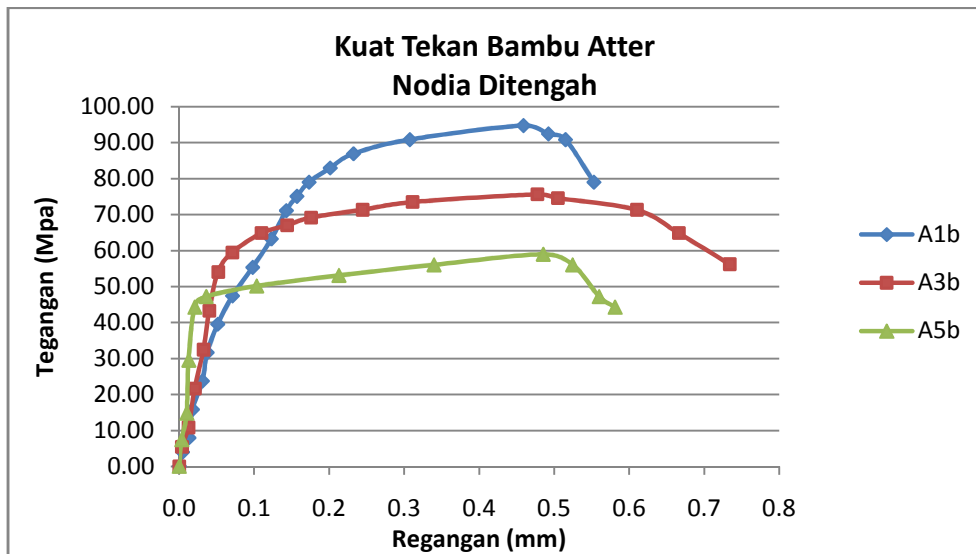
Kode a = bagian tanpa nodia

Kode b = bagian dengan nodia ditengah

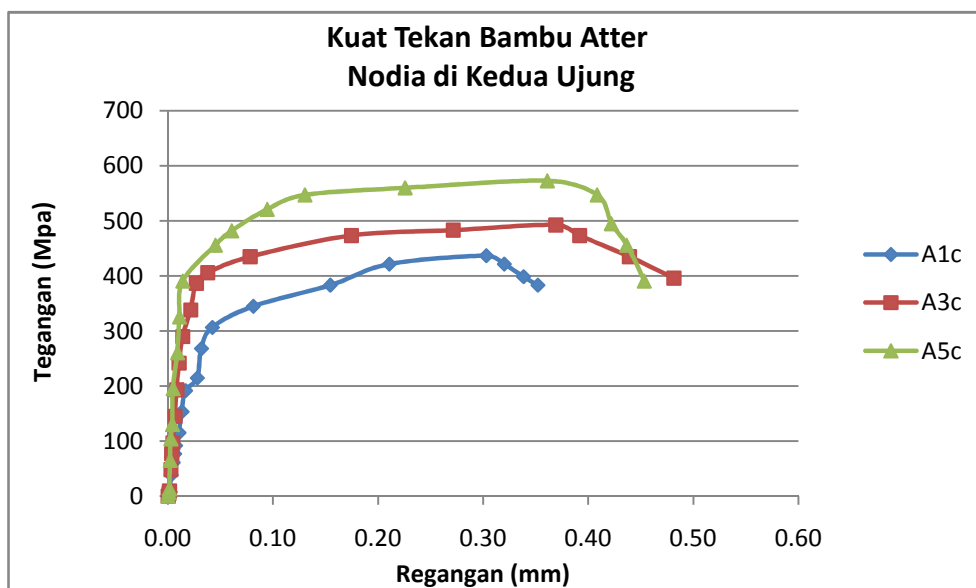
Kode c = nodia dikedua ujungnya



*Gambar 4.6 Grafik Kuat Tekan bambu Tanpa Nodia*



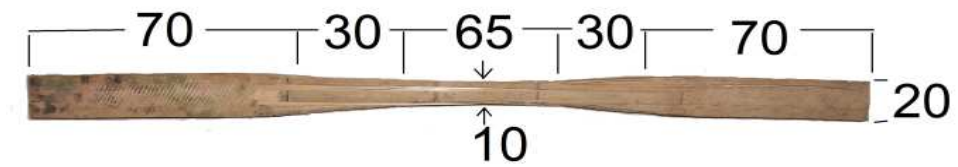
Gambar 4.7 Grafik Kuat Tekan bambu dengan Nodia ditengah



Gambar 4.8 Grafik Kuat Tekan bambu dengan nodia dikedua ujungnya

### Kuat Tarik Bambu

Uji kuat tarik bambu dapat dilakukan dengan mengikuti standar pengujian material bambu seperti ISO/TR 22157-2 “*Bamboo – Determination of Physical and mechanical properties*” maupun mengikuti pengujian yang dianjurkan oleh peneliti terdahulu.



*Gambar 4.9 Sampel Uji Tarik Sesuai ISO 22157-2*

Pengujian kuat tarik bambu dilaksanakan dilaboratorium Struktur dan bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Dari hasil pengujian tarik diketahui bahwa kuat tarik bambu tanpa nodia lebih besar daripada kuat tarik di bagian nodia. Dari pengujian didapatkan tegangan tarik bagian pangkal bambu rata-rata adalah 326,041 MPa, regangan rata-rata sebesar 0.068, Modulus Elastisitas Tarik rata-rata adalah sebesar 4790,61 MPa.



*Gambar 4.10 Proses Pegujian Kuat Tarik Bambu*

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Bambu (*Tanpa Nodia*)

No	Sample	P (L0) (mm)	L (mm)	T (mm)	Beban Tarik (N)	Kuat Tarik (Mpa)	Regangan (%)	L1 (mm)	MoE (Mpa)	Ket
1	A1a	65	1.13	9.20	3250	312.62	6.92	4.5	4515.63	Pangkal
2	B1a	65	1.02	9.10	3120	336.13	6.46	4.2	5202.08	
3	C1a	65	1.02	8.90	2990	329.37	7.08	4.6	4654.11	
4	A3a	65	1.07	8.30	2753	309.99	6.23	4.05	4975.11	Tengah
5	B3a	65	1.02	8.80	3015	335.90	6.31	4.10	5325.18	
6	C3a	65	1.00	8.00	2560	320.00	6.77	4.40	4727.27	
7	A5a	65	1.03	8.10	2510	300.85	6.62	4.30	4547.75	Ujung
8	B5a	65	1.01	8.40	2090	246.35	7.08	4.60	3480.98	
9	C5a	65	1.02	8.00	2580	316.18	6.31	4.10	5012.55	

**Keterangan :**

A, B, C = sampel bambu

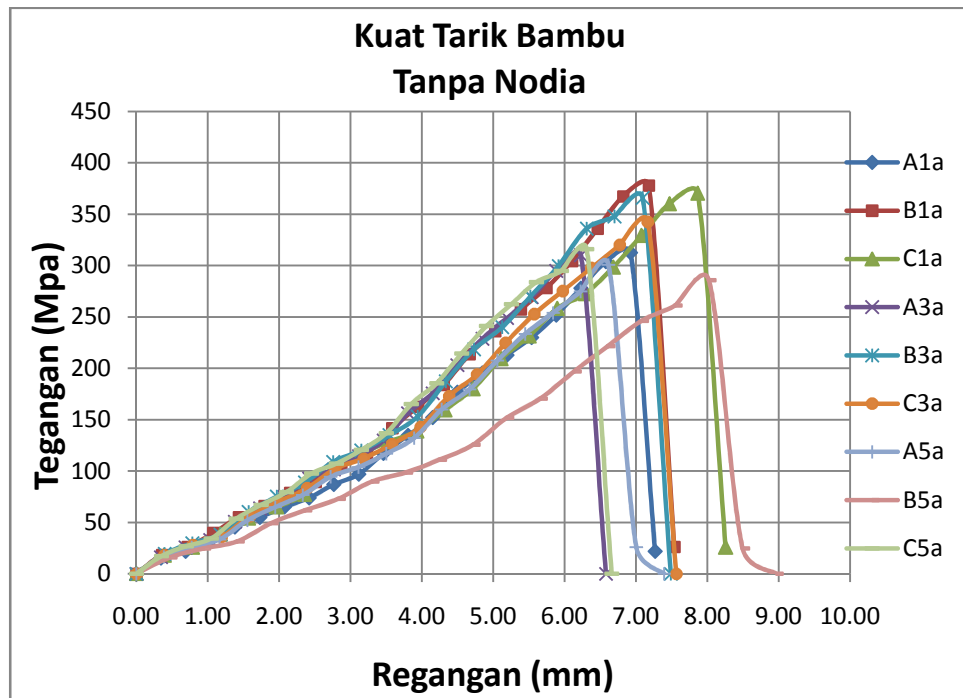
Kode 1 = Bagian pangkal bambu

Kode 3 = Bagian tengah bambu

Kode 5 = Bagian ujung bambu

Kode a = bagian tanpa nodia

Kode b = bagian dengan nodia ditengah



Gambar 4.11 Grafik kuat tarik bambu tanpa nodia

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Bambu (*dengan Nodia ditengah*)

No	Sample	P (L0) (mm)	L (mm)	T (mm)	Beban Tarik (N)	Kuat Tarik (Mpa)	Regangan (%)	L1 (mm)	MoE (Mpa)	Ket
1	A1b	65	1.06	9.10	1170	121.29	4.92	3.20	2463.78	Pangkal
2	B1b	65	1	9.30	1150	123.66	5.69	3.70	2172.33	
3	C1b	65	1.06	9.10	1100	114.04	5.08	3.30	2246.18	
4	A3b	65	1.06	8.10	1020	118.80	4.77	3.10	2490.93	Tengah
5	B3b	65	1.03	8.30	1020	119.31	5.08	3.30	2350.09	
6	C3b	65	1.05	8.50	1025	114.85	5.08	3.30	2262.12	
7	A5b	65	1.03	8.00	1010	122.57	5.85	3.80	2096.64	Ujung
8	B5b	65	1.03	8.10	980	117.46	5.23	3.40	2245.63	
9	C5b	65	1.02	8.30	925	109.26	4.77	3.10	2290.95	

**Keterangan :**

A, B, C = sampel bambu

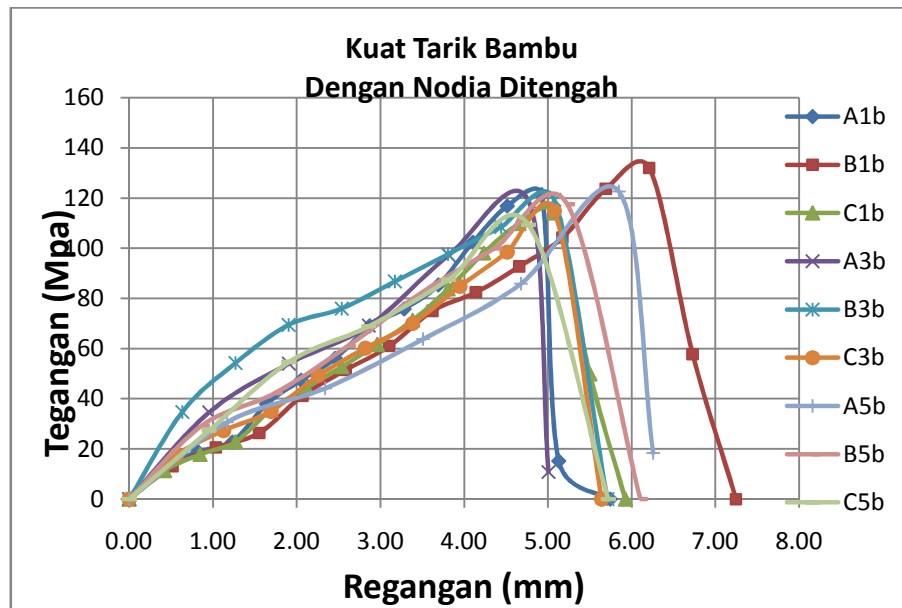
Kode 1 = Bagian pangkal bambu

Kode 3 = Bagian tengah bambu

Kode 5 = Bagian ujung bambu

Kode a = bagian tanpa nodia

Kode b = bagian dengan nodia ditengah

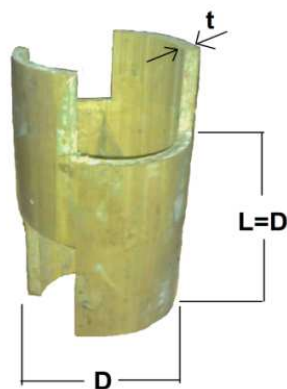


Gambar 4.12 Grafik kuat tarik bambu dengan nodia di tengah

### 4.3.3 Pengujian Kuat Geser dan Lentur Bambu

#### Kuat Geser Bambu

Pengujian kuat geser mengikuti standar ISO 22157-2 dengan spesimen dibentuk segi empat dengan ukuran 25 mm x 25 mm x tebal bambu. Spesimen pengujian kadar air bambu dapat dilihat pada Gambar 28 berikut:



Gambar 4.13 Spesimen kuat geser sesuai ISO 22157-2



Dari hasil pengujian kuat geser didapatkan tegangan geser rata-rata 5,42 MPa pada posisi pangkal bambu, 5,19 MPa pada posisi tengah batang bambu, dan 4,09 MPa pada bagian bambu atas. Seperti terlihat pada tabel 10. dibawah ini :

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kuat Geser Bambu (*Batang Bagian Bawah*)

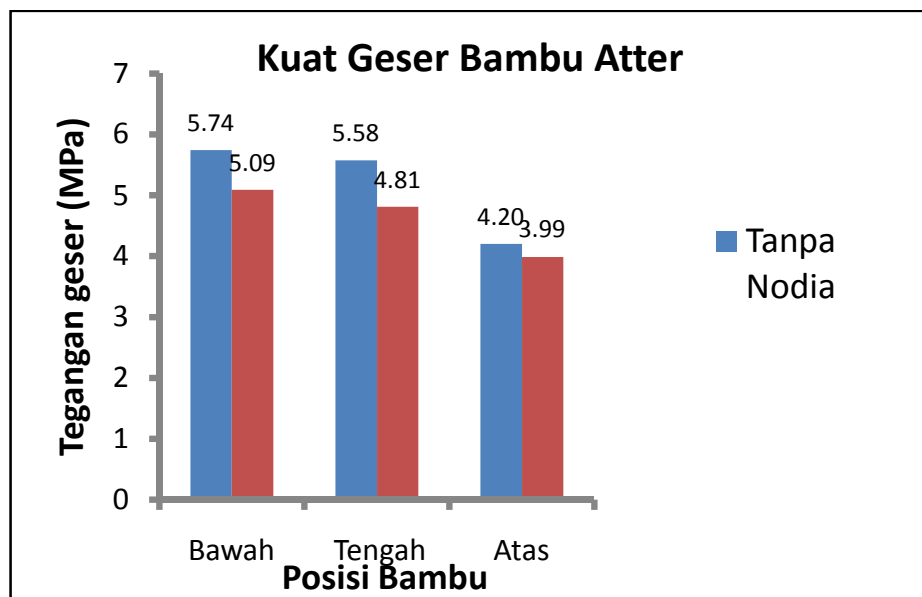
No	KODE	TEBAL BAMBU (mm)				PANJANG (mm)				BEBAN (N)	$\sigma_{\text{geser}}$ (MPa)
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>		
Batang Bawah Tanpa Nodia											
1	A1a	9.00	9.10	9.00	8.90	90.20	91.20	91.30	92.50	18750	5.70
2	B1a	9.40	9.35	9.40	9.30	93.00	93.50	93.50	93.00	19920	5.70
3	C1a	9.10	9.15	9.20	9.10	91.50	91.35	91.30	91.50	19450	5.82
Rerata											5.74
Batang Bawah Dengan Nodia Ditengah											
1	A1b	9.20	9.15	9.20	9.25	91.10	91.15	91.15	91.50	17300	5.15
2	B1b	9.10	9.15	9.15	9.10	93.20	92.50	92.50	93.00	16970	5.01
3	C1b	9.10	9.20	9.10	9.10	91.30	91.30	92.70	92.60	17150	5.11
Rerata											5.09
Rerata tegangan geser posisi pangkal											5.42

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Geser Bambu (*Batang Bagian Tengah*)

No	KODE	TEBAL BAMBU (mm)				PANJANG (mm)				BEBAN (N)	$\sigma_{\text{geser}}$ (MPa)	
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>			
Batang tengah Tanpa Nodia												
1	A3a	8.60	8.70	8.75	8.75	89.10	89.10	88.80	89.10	17530	5.66	
2	B3a	8.80	8.50	8.50	8.60	90.10	90.20	91.00	91.00	17460	5.60	
3	C3a	8.80	8.30	8.30	8.30	88.50	89.20	89.20	89.00	16380	5.46	
										Rerata	5.58	
Batang Tengah Dengan Nodia di Tengah												
1	A3b	8.70	8.70	8.80	8.80	90.00	91.00	90.50	90.50	14280	4.51	
2	B3b	8.90	9.00	9.50	8.90	89.50	88.80	88.70	89.00	14780	4.58	
3	C3b	8.80	8.80	8.80	8.70	88.00	88.40	88.50	88.60	16590	5.35	
										Rerata	4.81	
										Rerata tegangan geser posisi tengah		5.19

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Geser Bambu (*Batang Bagian Ujung*)

No	KODE	TEBAL BAMBU (mm)				PANJANG (mm)				BEBAN (N)	$\sigma_{\text{geser}}$ (MPa)
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>		
Batang Ujung Tanpa Nodia											
1	A5a	7.40	7.40	7.50	7.77	73.10	73.50	73.50	73.00	9120	4.14
2	B5a	7.20	7.10	7.30	7.30	72.00	72.50	72.50	72.00	9260	4.43
3	C5a	7.60	7.50	7.60	7.60	78.00	77.50	77.50	77.50	9480	4.03
Rerata											4.20
Batang Ujung Dengan Nodia di Tengah											
1	A5b	7.80	7.70	7.70	7.40	79.50	79.70	79.60	79.70	9970	4.09
2	B5b	7.80	7.70	7.70	7.60	80.50	79.50	79.50	80.00	9960	4.05
3	C5b	7.80	7.90	7.90	7.90	82.50	82.00	82.00	81.50	9870	3.82
Rerata											3.99
Rerata tegangan geser posisi atas											4.09



Gambar 4.14 Grafik Kuat Geser Bambu

### Kuat Lentur Bambu

Kuat lentur bambu adalah kemampuan bahan untuk menahan beban yang bekerja tegak lurus sumbu memanjang serat di tengah–tengah bahan yang ditumpu pada kedua ujungnya.



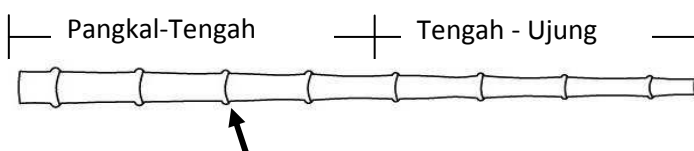
*Gambar 4.15 Proses Pegujian Kuat Lentur Bambu*

Dari hasil pengujian kuat lentur bambu, maka di dapat hasil Kuat Lentur Bambu pada tabel dibawah :

**Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Bambu Bagian Pangkal - Tengah**

**Bagian Pangkal - Tengah**

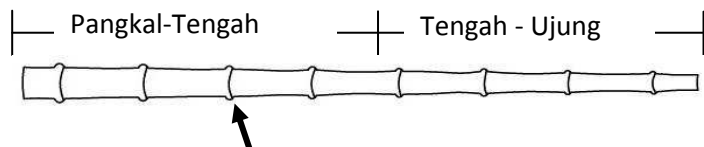
No	Kode	Dimensi Bambu						Beban Maks P (N)	Lend. v (mm)	Inersia I (mm <sup>4</sup> )	M <sub>ult</sub> (Nmm)	Kuat Lentur (Mpa)
		D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	Rerata (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)	Rerata (mm)					
1	A1	92.50	90.30	91.40	77.30	72.40	74.85	3930	72.90	1884974.7	1965000	47.640
2	B1	90.20	89.30	89.75	71.30	70.80	71.05	3880	78.52	1934077	1940000	45.012
3	C1	91.50	90.70	91.10	75.50	74.80	75.15	3630	109.09	1815368.1	1815000	45.541
rerata												<b>46.064</b>
<p><b>Keterangan :</b>  A, B, C = sampel bambu  Kode 1 = Bagian pangkal bambu  Kode 3 = Bagian tengah bambu  Kode 5 = Bagian ujung bambu  Kode a = bagian tanpa nodia  Kode b = bagian dengan nodia ditengah  Kode c = nodia dikedua ujungnya</p>												



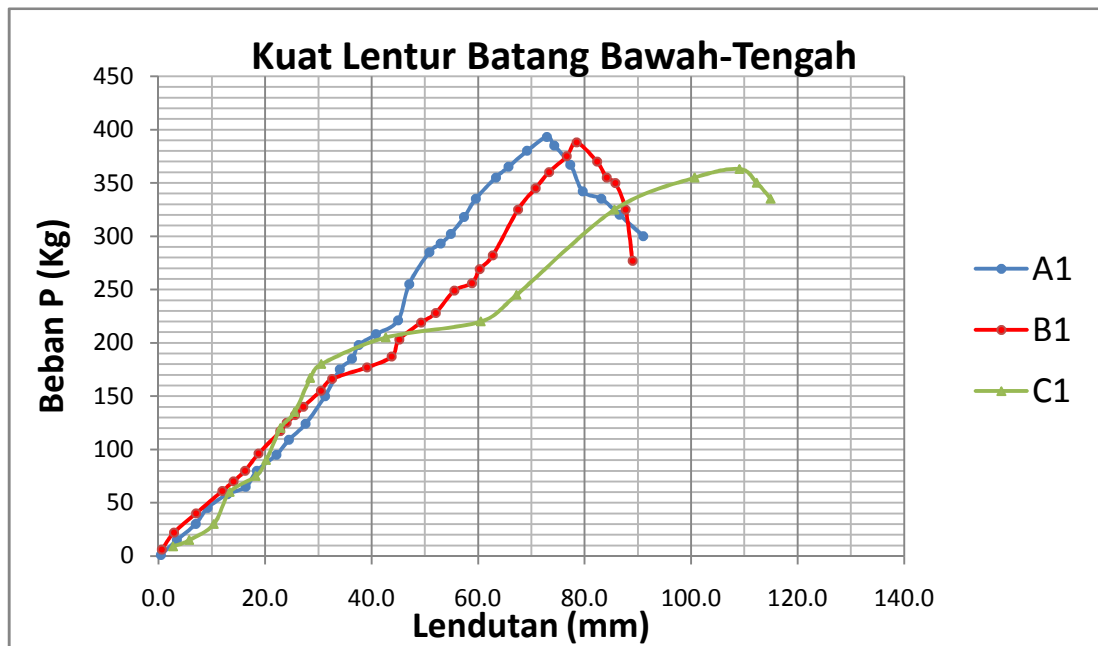
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kuat Lentur Bambu Bagian Tengah - Atas

**Bagian Tengah - Atas**

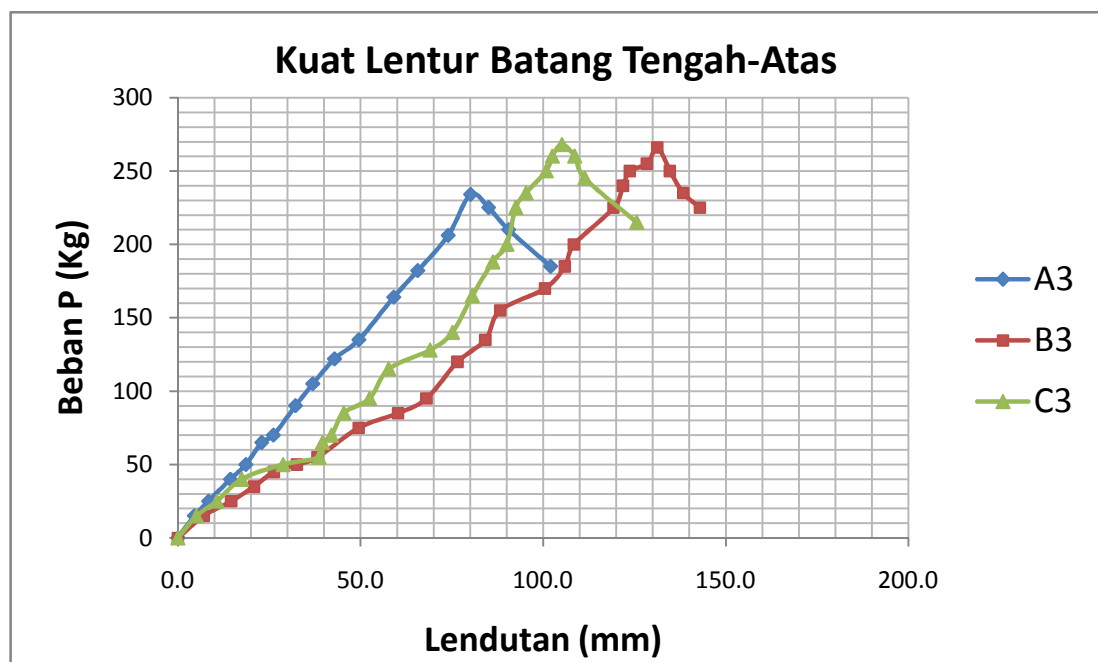
No	Kode	Dimensi Bambu						Beban Maks P (N)	Lend. v (mm)	Inersia I (mm <sup>4</sup> )	M <sub>ult</sub> (Nmm)	Kuat Lentur (Mpa)
		D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	Rerata (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)	Rerata (mm)					
1	A3	73.30	72.50	72.90	59.50	57.10	58.3	2340	80.10	819293.02	1170000	52.053
2	B3	72.20	70.60	71.40	55.90	55.50	55.7	2660	131.30	803253.8	1330000	59.111
3	C3	73.1	71.9	72.5	60.4	60.1	60.25	2680	105.09	709352.49	1340000	68.478
rerata												59.881
<b>Keterangan :</b> A, B, C = sampel bambu Kode 1 = Bagian pangkal bambu Kode 3 = Bagian tengah bambu Kode 5 = Bagian ujung bambu Kode a = bagian tanpa nodia Kode b = bagian dengan nodia ditengah Kode c = nodia dikedua ujungnya												



Dari tabel diatas menunjukkan batang bambu bagian tengah-atas memiliki kuat lentur yang lebih besar yaitu 52,03 - 68,478 MPa, dengan lendutan hingga 131,30 mm. Sedangkan bagian pangkal-tengah hanya 45,012 – 47,640.

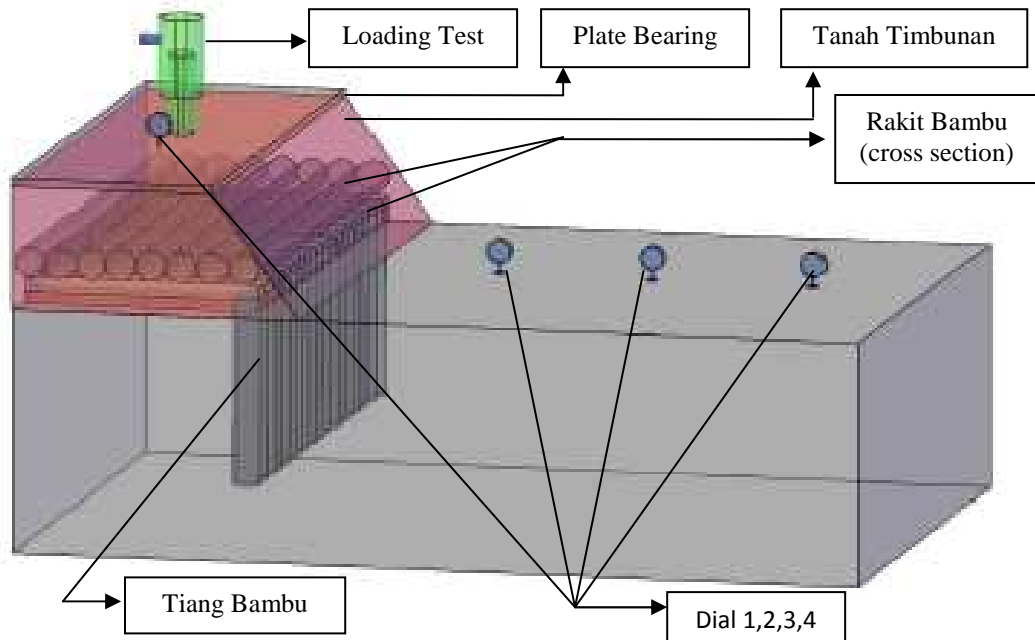


Gambar 4.16 Grafik kuat lentur batang bawah-tengah

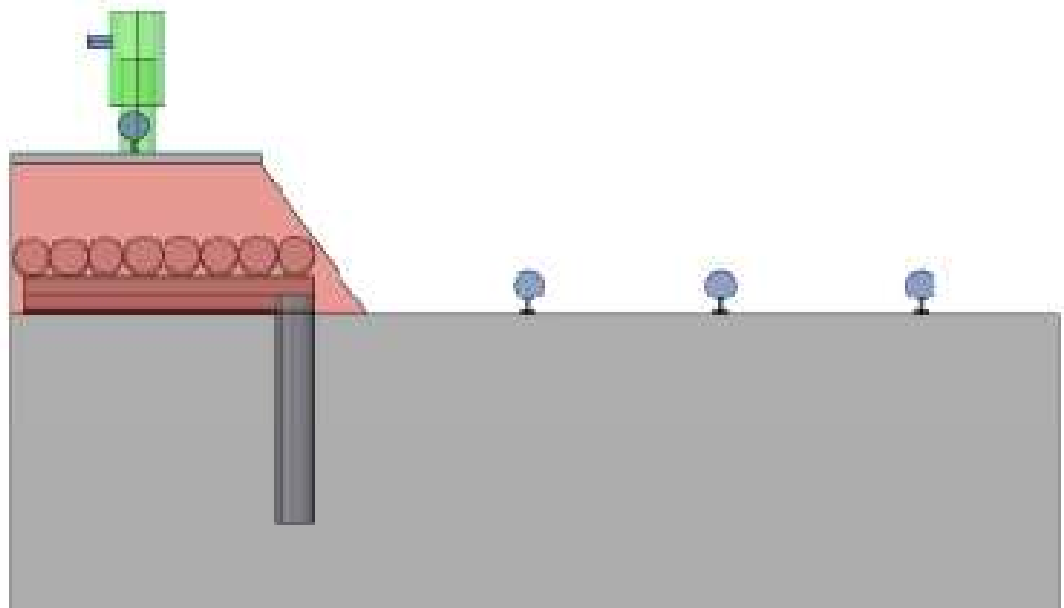


Gambar 4.17 Grafik kuat lentur batang tengah-atas

#### 4.4 Sketsa 3D Pengujian Perkuatan Tanah



Gambar 4.18 Sketsa 3D tampak NE Isometric



Gambar 4.19 Sketsa tampak samping

#### **4.5 Hasil Penurunan Rakit - Tiang Bambu**

Pengujian laboratorium (skala kecil) dilakukan di laboratorium teknik sipil, jurusan sipil fakultas teknik universitas hasanuddin. Digunakan bak uji dengan ukuran 100cm x 100cm x 200cm.

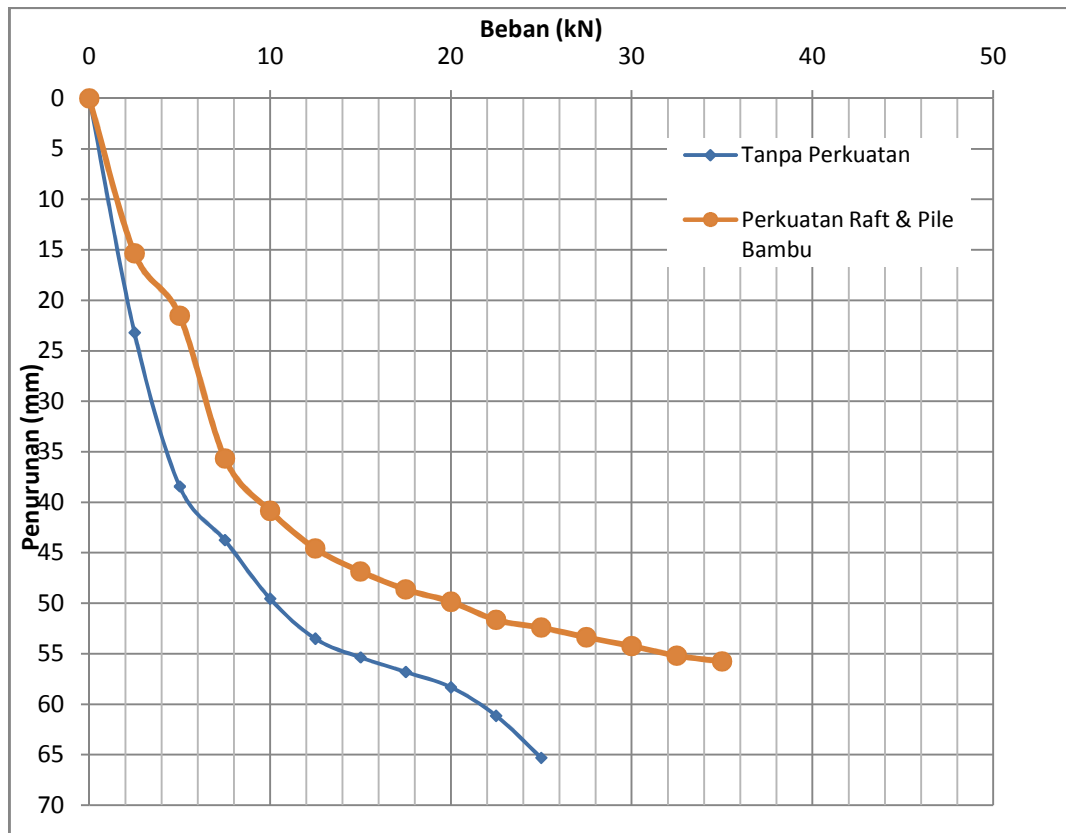
Tanah lempung dimasukkan kedalam bak pengujian dengan menggunakan tingkat kepadatan adalah 80% dari kepadatan maksimum yang didapatkan pada pengujian kepadatan standar kompaksi. Dalam pengujian ini tanah dasar di modelkan setinggi 60 cm. Berikutnya tanah timbunan badan jalan (embankment) dimodelkan setinggi 30 cm dengan kemiringan lereng 1:1 dengan tingkat kepadatan 90%.

Rakit bambu terdiri atas dua lapis (2) arah cross section dan longitudinal. Dimensi yang digunakan adalah lebar 80cm dan panjang 100 cm. Tiang bambu yang digunakan diposisikan di ujung rakit bambu sepanjang 100 cm saling berdempetan.

Table 4.11 hasil pengujian laboratorium perkuatan tanah yang diberi pembebanan pada dial 1

NOMOR	BEBAN		MODEL	
	KN	KG	Tanpa Perkuatan	Dengan Perkuatan
			MM	MM
1	0.00	0.00	0.00	0.00
26	2.50	255.00	23.22	15.34
37	5.00	510.00	38.45	21.54
47	7.50	765.00	43.77	35.67
52	10.00	1020.00	49.56	40.86
53	12.50	1275.00	53.53	44.59
54	15.00	1530.00	55.38	46.87
55	17.50	1785.00	56.83	48.65
56	20.00	2040.00	58.34	49.87
	22.50	2295.00	61.16	51.67
57	25.00	2550.00	65.33	52.43
	27.50	2805.00		53.34
59	30.00	3060.00		54.26
60	32.50	3315.00		55.21
62	35.00	3570.00		55.78
64	37.50	3825.00		
65	40.00	4080.00		





Gambar 4.20 Grafik Pembacaan Penurunan Tanah Timbunan (dial 1)

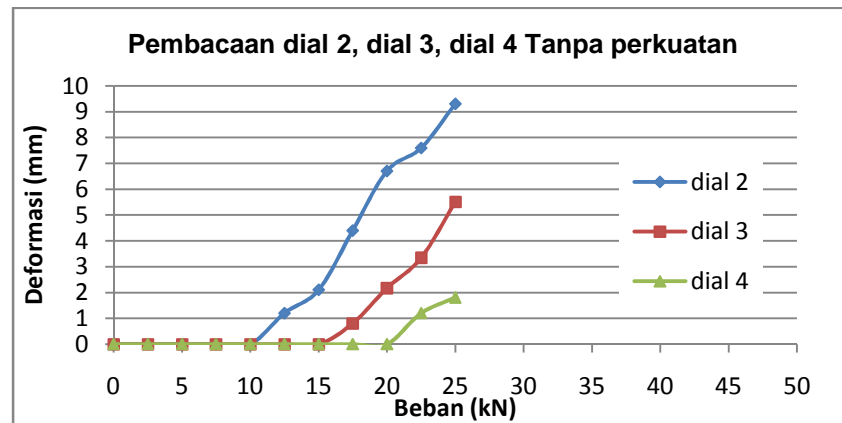
Hasil pengujian menghasilkan grafik yang menunjukkan adanya perbedaan keruntuhan pada tanah lempung. Pada tanah tanpa perkuatan besarnya penurunan yang terjadi mencapai titik maksimum pada beban 2550 kg dengan penurunan 65,5 mm sedangkan pada sampel tanah yang diperkuat dengan dengan tiang dan rakit bambu, besarnya penurunan tanah pada beban 2550 kg sebesar 52,43 mm, dan mencapai maksimum pada beban 3570 kg dengan penurunan sebesar 55,78 mm.

Dari hasil pengujian didapatkan hasil pengujian tanah dengan perkuatan rakit dan pile bambu memberi pengaruh yang cukup signifikan terhadap perkuatan tanah dengan deviasi hingga 13,07 mm atau mencapai 20% lebih baik dibandingkan dengan tanah timbunan tanpa perkuatan

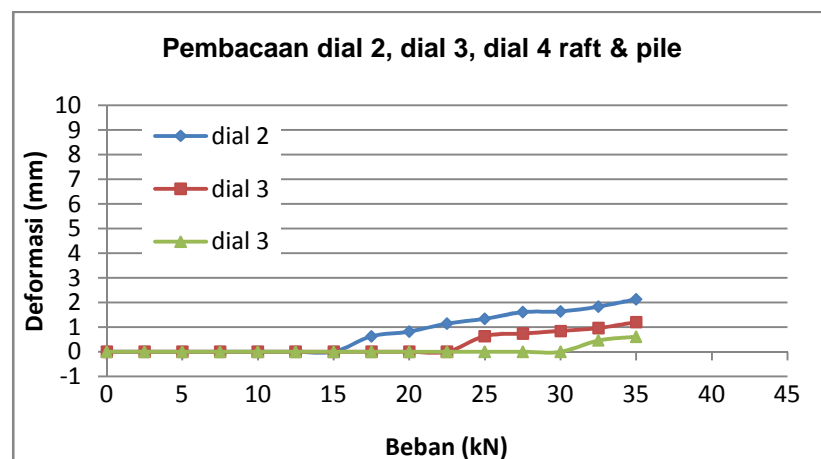
Rakit dibawah timbunan berperilaku sebagai rantai kerja yang meratakan dan meneruskan beban, sehingga tegangan yang terjadi akan menyebar akibatnya penurunan yang terjadi semakin kecil. Selain itu faktor gesekan dan tahanan ujung tiang pada bambu mempengaruhi kemampuan bambu untuk memberikan daya dukung terhadap beban yang diterimanya.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian tanpa dan dengan Perkuatan Tanah yang  
Diberi Pembebanan pada Dial 2, 3, dan 4

Pengujian			dial2	dial 3	dial 4	dial 2	dial 3	dial 4
NOMOR	BEBAN		Tanpa Perkuatan			Perkuatan Raft & Pile bambu		
	KN	KG						
			(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.50	255.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	5.00	510.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	7.50	765.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	10.00	1020.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	12.50	1275.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	15.00	1530.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	17.50	1785.00	4.40	0.80	0.00	0.63	0.00	0.00
9	20.00	2040.00	6.70	2.16	0.00	0.82	0.00	0.00
10	22.50	2295.00	7.60	3.34	1.20	1.14	0.00	0.00
11	25.00	2550.00	9.30	5.51	1.80	1.34	0.64	0.00
12	27.50	2805.00				1.61	0.74	0.00
13	30.00	3060.00				1.64	0.85	0.00
14	32.50	3315.00				1.83	0.96	0.46
15	35.00	3570.00				2.13	1.21	0.61
16	37.50	3825.00						
17	40.00	4080.00						



Gambar 4.21 Grafik Hasil Pengujian Tanpa Perkuatan Tanah yang Diberi Pembebanan pada Dial 2, 3, dan 4



Gambar 4.22 Grafik Hasil Pengujian Perkuatan Tanah yang Diberi Pembebanan pada Dial 2, 3, dan 4

Hasil pembacaan dial 2,3, dan 4 menghasilkan grafik yang menunjukkan kenaikan tanah dasar akibat dari beban vertikal timbunan tanah.

Pada tanah tanpa perkuatan bambu besarnya kenaikan tanah yang terjadi akibat beban verikal 2550 kg sebesar 9,3 mm pada dial 2, pada dial 3 sebesar 5,51 mm, dan pada dial 4 sebesar 1,80 mm.

Pada sampel tanah yang diperkuat dengan tiang dan rakit bambu, besarnya kenaikan tanah yang terjadi akibat beban vertikal 2550 kg sebesar 1,14 mm pada dial 2, pada dial 3 dan 4 tidak terjadi pergerakan, kemudian pada pembebanan maksimum 3570 kg terjadi kenaikan sebesar 2,13 mm pada dial 2, pada dial 3 sebesar 1,21 mm dan pada dial 3 sebesar 0,61 mm.

Dari grafik diatas menunjukkan kenaikan tanah dasar yang lebih besar pada tanah tanpa perkuatan bambu jika dibandingkan pada tanah dasar yang tanahnya diberi perkuatan bamboo, dimana perbandingan kenaikan tanah pada tanah tanpa dan dengan perkuatan bambu mencapai 70%. Besarnya perbandingan kenaikan pada tanah tanpa dan dengan perkuatan bambu yang terjadi pada tanah dasar, disebabkan oleh tiang bamboo yang diletakkan secara rapat (plane strain) pada sisi rakit.



Gambar 4.23 posisi dial-dial yang digunakan pada penelitian

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan studi laboratorium dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Sifat fisis bambu. Kadar air bambu pangkal sebesar 12.2%, tengah sebesar 11.5%, dan ujung sebesar 11.41.
2. Sifat mekanis bambu. Kuat tekan bambu sebesar 58,22 – 124,68 MPa pada bambu tanpa nodia untuk bagian pangkal, tengah dan atas, sebesar 47,88 – 147,86 MPa pada bambu dengan nodia di tengah, dan sebesar 175,01 – 572,73 MPa untuk bambu dengan nodia di kedua ujungnya. Tegangan tarik bagian pangkal bambu rata-rata adalah 326,041 MPa, regangan rata-rata sebesar 0.068, Modulus Elastisitas Tarik rata-rata adalah sebesar 4790,61 MPa. Tegangan geser rata-rata 5,42 MPa pada posisi pangkal bambu, 5,19 MPa pada posisi tengah batang bambu, dan 4,09 MPa pada bagian bambu atas. Kuat lentur batang bambu bagian tengah-atas memiliki kuat lentur yang lebih besar yaitu 52,03 - 68,478 MPa, dengan lendutan hingga 131,30 mm. Sedangkan bagian pangkal-tengah hanya 45,012 – 47,640
3. Dengan pondasi rakit bambu, dapat mereduksi deformasi arah vertikal pada tanah timbunan, sementara kenaikan tanah pada tanah dasar direduksi oleh tiang-tiang bambu yang memotong bidang yang mengalami deformasi. Selain itu tiang bambu juga memberikan

dukungan ujung tiang dalam menahan beban vertikal yang diterima oleh rakit bambu.

4. Efektifitas dari penggunaan pile dapat terlihat dari penelitian ini, dimana dengan perkuatan pile bambu yang digunakan, dapat mereduksi kenaikan tanah dasar sebesar 70 % dan juga mereduksi tekanan vertikal raft bambu yang menerima beban sebesar 20 %.
5. Hasil dari pengujian model laboratorium ini menunjukkan potensi metode perkuatan tanah dengan tiang dan bambu diaplikasikan di lapangan dengan skala penuh (full scale test).

## **5.2 Saran**

Studi yang dilakukan pada penurunan tanah lempung dengan menggunakan rakit dan tiang bambu masih dapat dikembangkan dengan menggunakan metode penelitian yang berbeda dan lebih disempurnakan serta dengan permodelan bambu yang berbeda. Beberapa saran dapat dilakukan untuk penyempurnaan tersebut, antara lain :

1. Melakukan penelitian lanjutan terhadap sifat fisis dan sifat mekanis bambu.
2. Mengadakan penelitian lebih lanjut mengenai pola keruntuhan tanah yang terjadi pada tanah dengan perkuatan raft dan pile bambu.
3. Melakukan pengujian dengan plate bearing test, dengan mengubah variasi dari raft dan pile bambu.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, (1992), *ASTM Stabilisation With Admixture*, American Society For Testing And Materials, Second Edition.
- Bowles, J.E. (1993), Alih Bahasa Ir.Johan Kelana Putra Edisi Kedua, *Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Craig, R.F. (1991), *Mekanika Tanah*. Diterjemahkan oleh Budi Susilo. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M. (1995), *Mekanika Tanah* (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, C. H. (2010), *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Jakarta.
- ISO, (2004), *ISO 22157-1 & ISO 22157-2 International Standard*. Bambu-Determination of physical and mechanical properties & Technical Report.
- Marto, A. dan Othman, B. A., (2011), *The Potential use of Bambu as Green Material for Soft Clay Reinforcement System*. International Conference on Environment Science and Engineering IPCBEE vol.8. IACSIT Press, Singapore, pp. 124-143..
- Morisco (2006), *Teknologi Bambu*, Teknologi Bahan Bangunan, Universitas Gajah Mada.
- Nugroho, S. A. (2011), *Studi Daya Dukung Pondasi dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu*. ISSN 0853-2982, Jurnal teknik Sipil, vol. 18 No.1 April, pp. 34-46.
- Wesley, L. D. (1977), *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Percetakan Umum, Jakarta.



Lampiran 1

**Title** : **Penelitian Skripsi**

**Lokasi** : **Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil FT Unhas**

**Tanggal Percobaan** : **16-okt-12**

**Nama** : **Pebryanto Abdi Putra**

**BERAT JENIS SPESIFIK , Gs**

Nomor Percobaan	I	II
Berat Piknometer, $W_1$ (gram)	28	53
Berat Piknometer + air, $W_2$ (gram)	76.9	149.3
Berat Piknometer + air + tanah, $W_3$ (gram)	92.9	181
Berat tanah kering, $W_s$ (gram)	25	50
Temperatur, $^{\circ}\text{C}$	27	27
Faktor koreksi, $a = g_T/g_{20}$	0.99440	0.99440
Berat Jenis, Gs	2.76	2.72
Berat Jenis Rata-rata, Gs	2.74	

## Lampiran2

**Proyek** : **Penelitian Skripsi**  
**Lokasi** : **Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil**  
**Tanggal Percobaan** : **16-okt-12**  
**Nama** : **Pebryanto Abdi**  
**Putra**

### Pemeriksaan Kadar Air

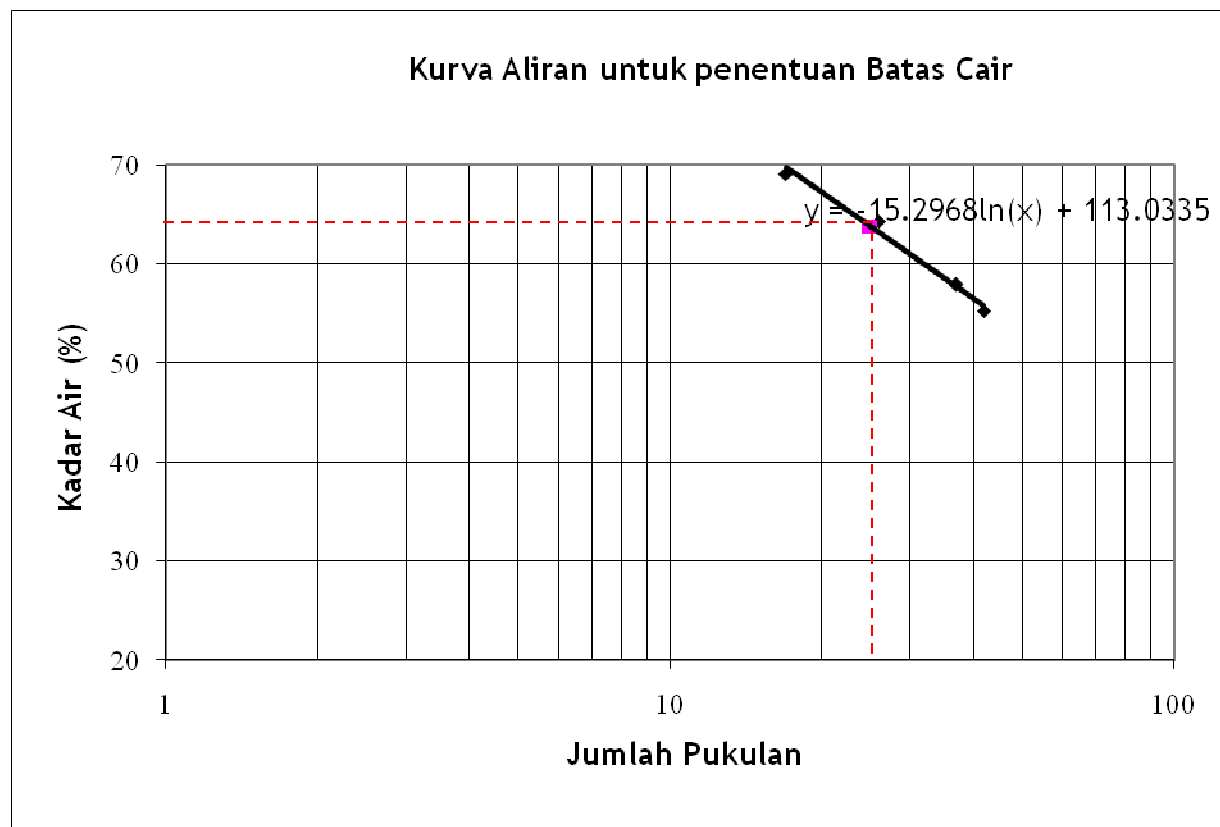
No Test	-	I		
No. Container	-	1	2	3
Berat Tanah Basah + Container, W1	Gram	65.7	75.9	75.8
Berat Tanah Kering + Container, W2	Gram	50.4	57.3	57.2
Berat Container, W3	Gram	9.8	9.8	9.8
Berat Air ( $W_w=W_1-W_2$ )	Gram	15.3	18.6	18.6
Berat Tanah Kering , ( $W_d=W_2-W_3$ )	Gram	40.6	47.5	47.4
Kadar Air, $W_w/W_d \times 100\%$	%	37.68	39.16	39.24
Kadar Air Rata-rata	%	38.694		

### Lampiran 3

**Proyek** : Penelitian Skripsi  
**Lokasi** : Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil FT Unhas  
**Tanggal Percobaan** : 16 okt 2012  
**Nama** : Pebryanto Abdi Putra

#### BATAS CAIR (LIQUID LIMITS, LL)

No Test	-	1	2	3	4
Jumlah Pukulan	-	17	26	37	42
No. Container	-	A1	B1	C1	D1
Berat Tanah Basah + Container, W1	Gram	47.15	31.97	36.86	34.10
Berat Tanah Kering + Container, W2	Gram	31.97	23.45	27.18	25.48
Berat Container, W3	Gram	10.00	10.20	10.46	9.88
Berat Air (Ww=W1-W2)	Gram	15.18	8.52	9.68	8.62
Berat Tanah Kering , (Wd=W2-W3)	Gram	21.97	13.25	16.72	15.60
Kadar Air, Ww/Wd x 100%	%	69.09	64.30	57.89	55.26



Batas Cair (LL) didapat pada pukulan 25

Jadi, LL =  $-15.2968 \cdot \ln(25) + 113.0335 = 63.80 \%$

#### Lampiran 4

**Proyek** : **Penelitian Skripsi**  
**Lokasi** : **Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil FT Unhas**  
**Tanggal Percobaan** : **16 Okt 2012**  
**Nama** : **Pebryanto Abdi Putra**

#### **BATAS PLASTIS (PLASTIC LIMITS, PL)**

No Test	-	1	2
No. Container	-	A1	B1
Berat Tanah Basah + Container, W1	Gram	27.98	25.46
Berat Tanah Kering + Container, W2	Gram	21.13	19.55
Berat Container, W3	Gram	7.55	7.82
Berat Air (Ww=W1-W2)	Gram	6.85	5.91
Berat Tanah Kering , (Wd=W2-W3)	Gram	13.58	11.73
Kadar Air, Ww/Wd x 100%	%	50.44	50.38
Kadar Air Rata-rata	%	50.41	

Indeks Plastisitas PI =

LL - PL

$$PI = 63.80 - 50.41 = 13.38 \%$$

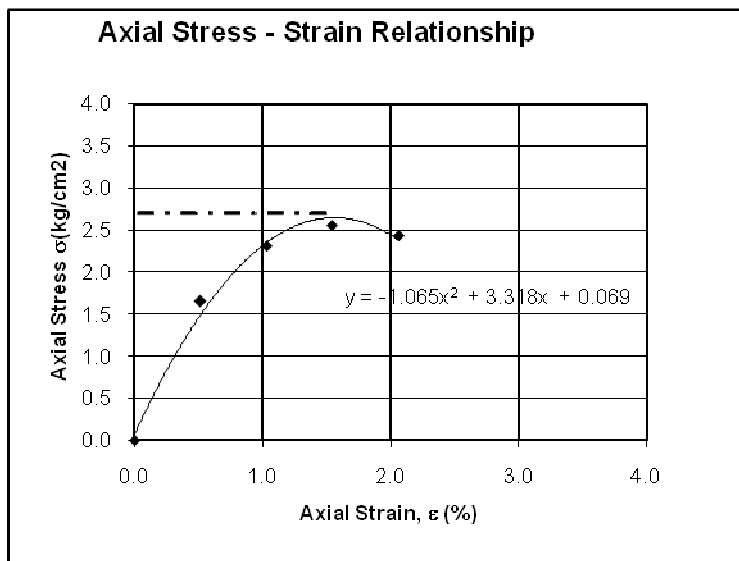
Lampiran 5

**Proyek** : **Penelitian Skripsi**  
**Lokasi** : **Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil FT Unhas**  
**Tanggal Percobaan** : **16 Okt 2012**  
**Nama** : **Pebryanto Abdi Putra**

**Tabel 6.3.1. BATAS SUSUT (SHRINKAGE LIMITS, SL)**

No Test	-	1	2	3
Berat Mould, W1	Gram	5.84	5.93	6.25
Berat Mould + Tanah basah , W2	Gram	39.04	38.4	38.84
Berat Mould + Tanah kering , W3	Gram	24.75	24.6	25.40
Berat Air Raksa yang dipakai untuk mengisi mangkok shrinkage, W4	Gram	285.2	276.1	274.9
Berat Air Raksa yang dipindahkan oleh tanah yang dites, W5	Gram	208.1	197.4	191.8
Berat tanah basah, $W_w = W_2 - W_1$	Gram	33.2	32.47	32.59
Berat tanah kering, $W_d = W_3 - W_1$	Gram	18.91	18.67	19.15
Berat air, $W_a = W_2 - W_3$	Gram	14.29	13.8	13.44
Berat cawan petri, Wp	Gram	0	0	0
Berat jenis air raksa, r		13.6	13.6	13.6
Volume tanah basah, $V_w = (W_4 - W_p)/r$	m <sup>3</sup>	20.97	20.30	20.21
Volume tanah kering, $V_d = (W_5 - W_p)/r$	m <sup>3</sup>	15.30	14.51	14.10
Kadar air, $= W_a/W_d \times 100\%$	%	75.57	73.92	70.18
Batas susut, $SL = Kadar\ air - ((V_w - V_d)/W_d) \times 100\%$	%	45.59	42.92	38.28
SL rata - rata	%	42.26		

## Lampiran 6



### Modulus Elastisitas :

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\epsilon}$$

$$q_u = 2.51 \quad \text{Kg/cm}^2 = 2.571746 \quad \text{ton/ft}^2$$

Didapatkan nilai Kuat Geser :

$$\Delta\sigma = C_u = 1.26 \quad \text{kg/cm}^2$$

Didapatkan Persamaan Regresi :

$$y = -1.065x^2 + 3.318x$$

$$-1.065x^2 + 3.318x + 0.07 = 0$$

Maka  
:

$$\epsilon = 3.5571 = 0.035571 \quad \%$$

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\epsilon} = \frac{1.26}{0.035571} = 35.30613 \quad \text{kg/cm}^2 = 3530.613 \quad \text{kN/m}^2$$

## Lampiran 7

